

## Hüdraulilise löögi arvutus tarkvara *Bentley HAMMER* baasil

*Bentley HAMMER* on väga efektiivne ning võimas töövahend simuleerimaks hüdraulilist lööki torustikes ning võrkudes. Järgnevalt vaatame ühte lihtsat näidet, kus esmalt analüüsime torustikku kaitseseadmeteta ning seejärel püüame kaitseseadmeid kasutades survet torus vähendada.

Eesmärgid alljärgnevas töös on:

- Pead analüüsima disainitud süsteemi (ilma kaitseseadmeteta), et leida selle käitumine hüdraulilise löögi korral.
- Otsustada, millist kaitseseadet kasutada, et hoida löögist tingitud survet kontrolli all ning lisaks pead olema võimeline analüüsima, mis aja vältel toru karedusest tingituna löögienergia hajub.
- Tulemusi saad esitada graafiliselt, et seletada kaitseseadmete strateegilist valikut ning soovitusi edasises disainiprotsessis.

Sul on võimalik luua algne statsionaarne mudel oma süsteemist *Bentley HAMMER* tarkvaraga või importida see olemasolevast statsionaarsest mudelist, mis loodi mõne teise modelleerimistarkvaraga. Selles tunnis vaatame lähemalt mudeli loomist algusest peale.

*Bentley HAMMER* on efektiivne töövahend mudeli koostamiseks kasvõi skeemi tasandil. *Bentley HAMMER* hoolitseb selle eest, et elemendid oleksid omavahel õigesti ühendatud ning nummerdatud. Sisuliselt tuleb vaid torude pikkused lisada käsitsi, et skeem lõpetada. Enne käivitamist saad hüdraulilistele elementidele anda ka lisaparameetreid.

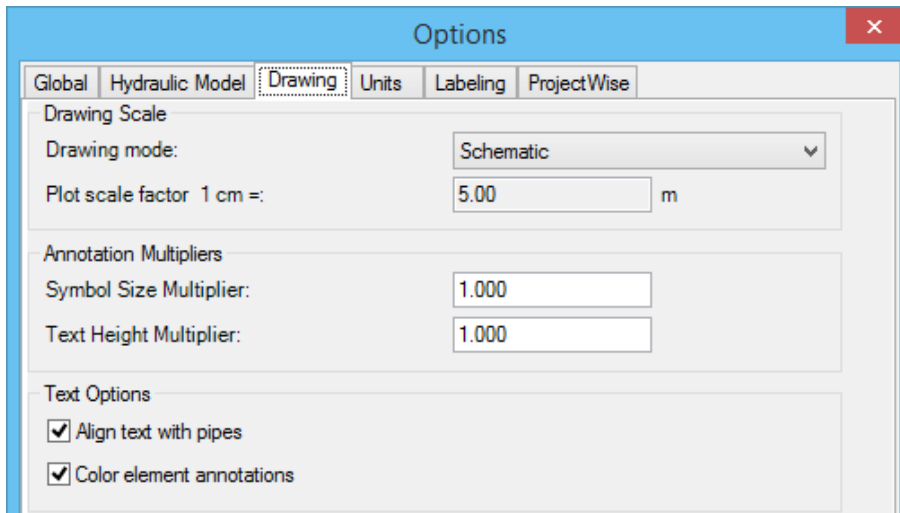
**Märkus:** *Bentley HAMMER* analüüsib süsteemi sisestatud torupikkuste alusel. Seega, kui impordid süsteemi mõnest teisest tarkvarast, siis alati arvestatakse toru pikkuse väärtust mitte ei leita seda koordinaatide järgi.

**Süsteemi kirjeldus:** Pumbajaam pumpab lähedal olevast reservuaarist (tavapärane veetasapind on 383 m) vett 468 L/s piki vastavat torustikku teise reservuaari (tavapärane veetasapind 456 m), staatiliste kõrgust vahe on  $456 - 383 = 73$  m. Pump ise asub kõrgusmärgil 363 m ning selle pöörete arv on 1760 rpm. Torustiku andmed on antud tabelites 1 ja 2. Ülejäänud info esitatakse jooksvalt ülesande käigus.

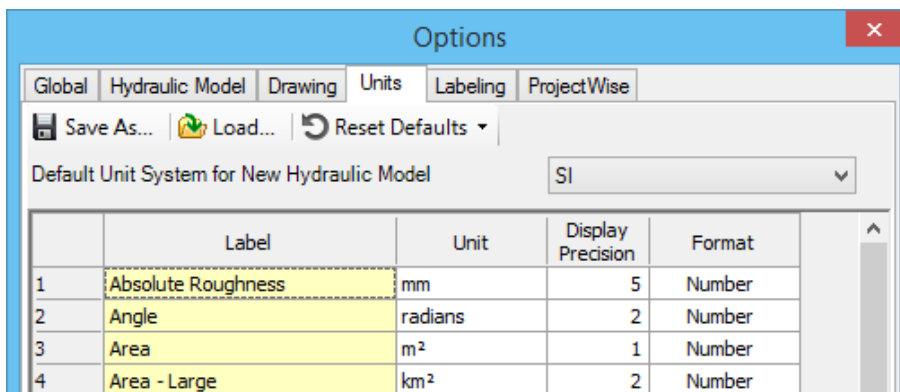
## Hüdraulilise mudeli koostamine

Hüdraulilise mudeli koostamiseks *Bentley HAMMER* tarkvaras toimi alljärgnevalt:

- 1) Vali: *File > New* ning loo uus projekt. See aktiveerib tarkvara graafilise liidese ning saad alustada süsteemi väljajoonestamisega.
- 2) Vali riba pealt: *Tools > Options*, vali paan *Drawing* ning muuda väärtus *Drawing Mode > Schematic*.

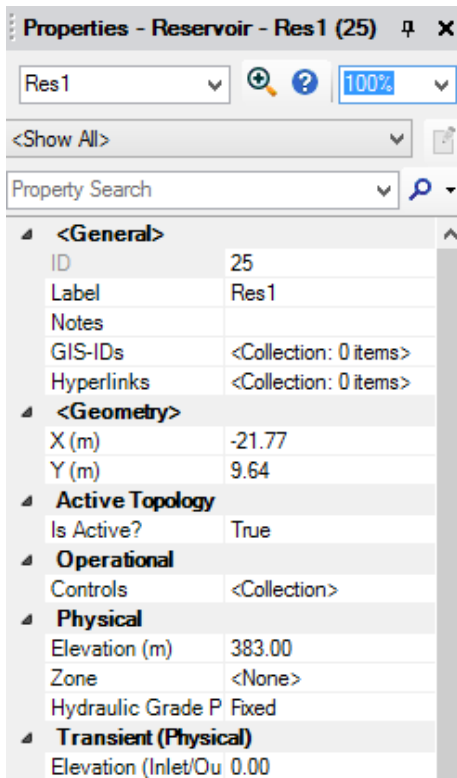


- 3) Mine paanile *Units* ning kliki *Reset Defaults* nupul ning vali *Default Unit System for New Project = SI*.



Kliki OK.

- 4) Lisa reservuaar.
  - Kliki riba paanil: *Layout > Node > Reservoir*.
  - Liigu kursoriga joonise alasse ning paiguta reservuaar joonisele. Tarkvara annab sellele automaatselt nimetuse *R-1*.
  - Tee topelt klikk reservuaaril ning redigeeri *Properties* aknas reservuaari järgmised parameetreid: *Label = Res1, Elevation = 383.00 m*.



- 5) Lisa *Junction* element reservuaari *Res1* paremasse serva ning nimeta see ümber kui **PJ1**. Muuda kõrgusmärki: *Elevation* = **363.00** m.
- 6) Lisa pump vahetult elemendi *PJ1* paremale poole ning nimeta see ümber kui **PMP1**. Muuda kõrgusmärki: *Elevation* = **363.00**.
- 7) Lisa veel 7 *Junction* tüüpi elementi *PMP1* elemendist paremale. Nimeta need ümber ning lisa vastavad kõrgusmärgid tabeli 1 põhjal.

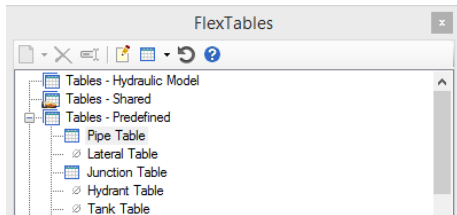
Tabel 1. Sõlmed ja nende kõrgusmärgid

Vaikimisi nimetus <i>Label</i>	Nimeta ümber kui	Kõrgusmärk <i>Elevation (m)</i>
J-2	PJ2	363.00
J-3	J1	408.00
J-4	J2	395.00
J-5	J3	395.00
J-6	J4	386.00
J-7	J5	380.00
J-8	J6	420.00

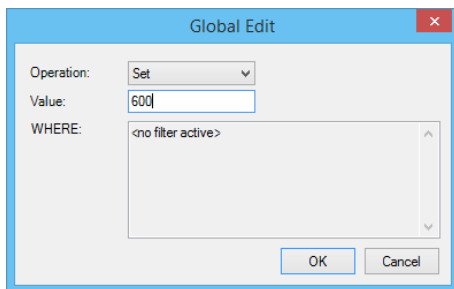
- 8) Lisa reservuaari element vahetult peale sõlmpunkti *J6* ning nimeta see ümber kui **Res2** ja muuda parameetrit: *Elevation* = **456.00** m.

**Märkus:** Kõrgusmärgid on hüdraulilise löögi arvutamise juures väga olulised. Kuna kalded tingivad asjaolu, kui kiirelt veemass aeglustub (või kiireneb) ühes impulssi muutustega löögi korral. Seega on torustiku profiili defineerimise üks olulisemaid tegevusi üldse enne hüdraulilise löögi analüüsi juurde minemist.

- 9) Lisa torud, mis ühendavad loodud elemente. Kliki: *Layout > Link > Pipe*.
- Kliki *Res1*.
  - Kliki *PJ1*.
  - Kliki *PMP1*.
  - Jätka klikkimist igal sõlmpunktil vasakult paremale liikudes.
  - Peale klikkimist *Res2* peal, tee parem klikk ning vali *Done* lõpetamaks torustiku lisamist.
- 10) Suurtes kogustes elementidega seotud andmestiku redigeerimiseks on seda mugavam teha *FlexTables* liidese. Kliki riba pealt: *View > FlexTables*. Dialogis *FlexTables Manager*, tee topeltklikk *Pipe Table*.



- 11) Tabelis *FlexTable* saad redigeerida vaid valget värvi lahtreid; kollasega on tähistatud kirjutamiskaitsega parameetrid ning siia alla kuuluvad muuhulgas ka arvatatud parameetrid. Juhul, kui soovid kõikidele elementidele korraka anda ühte ja sedasama väärtust, tee parem klikk veeru päisel (näiteks *Diameter* veerg) ning vali *Global Edit*. Las *Operation = Set* ning sisesta *Value = 600.00*. Kliki seejärel OK.



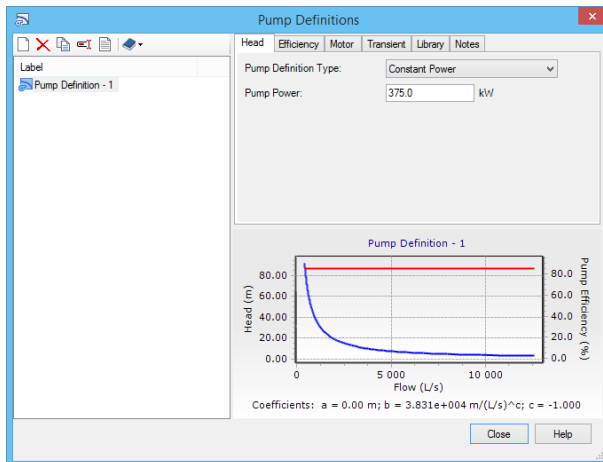
- 12) Sisesta torude ülejäänud andmed tabeli 2 põhjal.

*Tabel 2. Torude andmed*

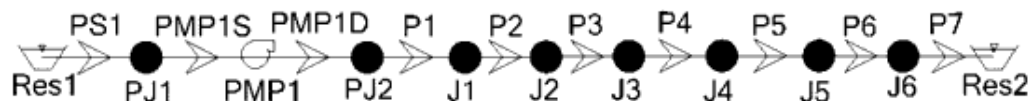
<b>Vaikimisi Label</b>	<b>Nimeta kui</b>	<b>Pikkus Length (m)</b>	<b>Diameeter Diameter (mm)</b>	<b>Laine leviku kiirus (Wave Speed – m/s)</b>
P-1	PS1	50	600	1200.00
P-2	PMP1S	40	600	1200.00
P-3	PMP1D	10	600	1200.00
P-4	P1	20	600	1200.00
P-5	P2	380	600	1200.00
P-6	P3	300	600	1200.00
P-7	P4	250	600	1200.00
P-8	P5	400	600	1200.00
P-9	P6	250	600	1200.00
P-10	P7	175	600	1200.00

- 13) Peale andmete redigeerimist sulge *FlexTable* aken. Nüüd jääb üle veel defineerida pumba definitsioon. Kliki riba pealt: *Components > Pump Definitions*.

- 14) Kliki nupul *New*, et luua uus definitsioon. Sektsioonis *Pump Definition Type* vali *Constant Power*. Sisesta väärtus *Pump Power* = **375.0**. Kliki nupul *Close*.



- 15) Vali **PMP1** element ning *Properties* aknas kliki väljal *Pump Definition* ja vali *Pump Definition – 1* avanevast nimekirjast.
- 16) Joonise alla võivad mõnede elementide nimetused üksteisega kattuda. Sa saad elemendi kirjet ümber paigutada. Võid suurendada end kirjele ligemale, et saaksid paremini valida ning tiri seejärel kirjed üksteisest eemale. Pane tähele, et kui valid elemendi enda, valitakse ka kirje; samas kui valid vaid kirje, siis elementi ei valita.
- 17) Kliki nn kirje (*label*) objektipunktil (*Grip*), hoi a all hiire nuppu ning tiri see kirje soovitud kohta, seejärel lase hiirenupp lahti. Paiguta kirjed ümber nii, et kõik oleks üksiti nähtaval. Lõpetades peaks su pilt nägema alloleva pildi sarnane.



- 18) Nüüd saame arvutada mudeli statsionaarse oleku ääritingimused. Kliki nupul *Compute Initial Conditions*.
- 19) Sulge dialoogid *Calculation Summary* ning *User Notifications*.
- 20) Kliki *File > Save As*, et valida kataloog, kuhu soovid oma faili salvestada ning anna sellele nimetus *HüdraulilineLöök.wtg*.

## Hüdraulilise löögi sündmuse valik

Iga vooluhulga või surve muutus mistahes süsteemi punktis võib valla päästa hüdraulilise löögi. Kui muutus on järk-järguline, ei pruugi löögist tingitud surved olla märgatavad. Samas, kui vooluhulga muutus on kiire või äkiline, võib selle tulemusel saadav rõhu siire esile kutsuda hüdraulilise löögi. Kuna iga süsteem omab spetsiifilisi karakteristikuid ajas sõltuvana, siis terminid järk-järguline ning äkiline võivad olla süsteemiti erinevad, ning suurusjärku oleks siinkohal väga raske välja tuua.

Torusüsteemides toimuvate kiirete protsesside ajendiks võivad olla mitmed põhjused, nimetame kasvõi elektrikatkestus, toru purunemine või klapi kiire avamine/sulgumine. Need võivad esile tulla normaalse opereerimise käigus, seadmete häirete või operaatori vea tõttu. Seetõttu ongi oluline arvutada süsteemi erinevaid situatsioone läbi, et analüüsida kriitilisemad ohud hüdraulilise löögi seisukohalt.

**Märkus:** Erinevate hüdraulilise löögi sündmuste määratlemine, modelleerimine ning kaitsmismeetodite analüüsimine võib tunduda väga ajakuluka tööna, samas tuleb meeles pidada, et oluliselt turvalisem ning odavam on süsteemi käitumist õppida mudeli põhiselt ning seejärel nõ vigu siluda/parandada, kui hiljem parandada reaalse süsteemi vigu.

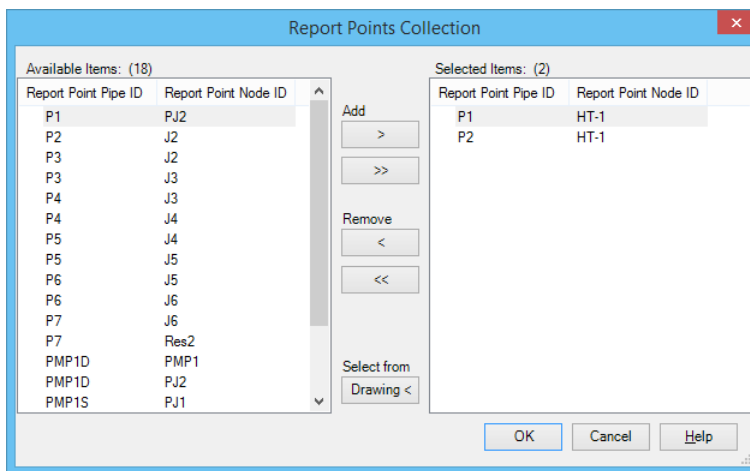
Selles näites analüüsid sa elektrikatkestusest tingitud häire tõsidust süsteemile mitme minuti vältel. Eeldatud on, et katkestus ilmnes äkki ilma igasuguse hoiatuseta (s.t sul polnud aega käivitada ühtegi diisलगeneraatorit või varupumpa, isegi kui need oleksid eksisteerinud, et korvata elektrikatkestust). Sellise analüüsi läbi viimine on oluline, kuidas süsteemi komponendid taluvad löögilaineid ning määrata, kui pikk on see ajavahemik, mille jooksul löögienergia hajub.

Väga paljude süsteemide korral kehtib reegel, et tagavara pumpade käivitamine enne, kui löögienergia on piisavalt hajunud, võib esile kutsuda veelgi suuremad löögilained, võrreldes algse elektrikatkestusest tingituna. Seega puhtalt rajada kaitsesüsteem tagavarapumpadele ei pruugi olla mõistlik, kuna löök ilmneb sekundite jooksul peale elektrikatkestust ning diisलगeneraatori käivitamine pumpade taaskäivituseks (kui neil pole ajalimiiti peal) võib võtta aega mitmed minutid.

## Hüdraulilise löögi seotud spetsiifiliste parameetrite seadistamine

Enne, kui saad mudeliga hüdraulilist lööki analüüsida, pead sa veel seadistama mõned spetsiifilised parameetrid, nagu vedeliku omadused, torustiku parameetrid, arvutuse kestvus ning soovitud väljundite valik.

- 1) Riba pealt: *Home > Options*.
- 2) Dialoogis *Calculation Options*, tee topelt-klikk *Transient Solver > Base Calculation Options*.
- 3) *Properties* aknas kuvatakse nüüd arvutuse parameetrid. Muuda *Report Points > Selected Points*.
- 4) Kliki *Report Points Collection* rea lõpus oleval nupul (...).
- 5) Dialoogis *Report Points Collection*, tee topelt-klikk *P1 / J1* ning *P2 / J1* peal (vasakpoolne tulp *Available Items*), et lisada need nimekirja *Selected Items*. Kliki OK.

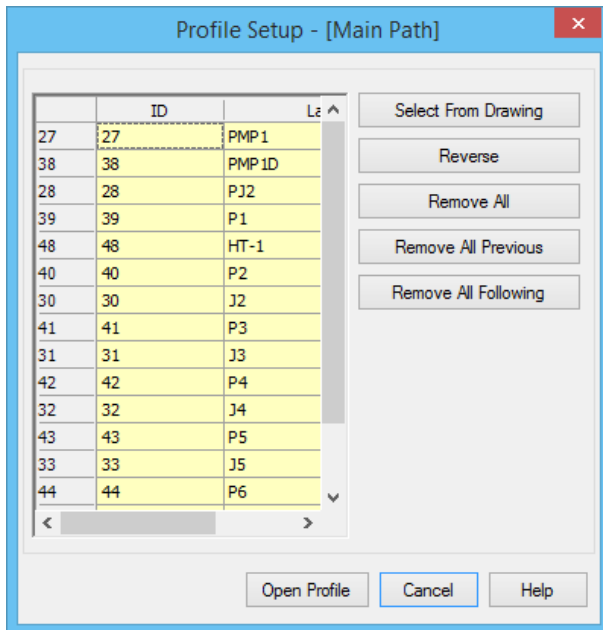


See loob väljundid löögi ajaloole (või ajutisele vooluhulga, surve ning õhu ja vaakumi mahtude variatsioonidele) pumba juures ning selle lähisõlmedes (sa võid lisada veel huvipakkuvamaid punkte, nagu *P7 / Res2* ).

- 6) Muuda parameeter *Run Duration Type > Time*.
- 7) Sisesta *Run Duration (Time) (sec) = 140* (sekundites).
- 8) Muuda *Pressure Wave Speed = 1250* m/s.

**Märkus:** Rõhulaine leviku kiirus on üks olulisemaid parameetreid löögi arvutustes. Kui sisestad globaalse leviku kiiruse, siis kirjutatakse see üle kõikide toru juures. See sobib suurepäraselt, kui kõik torud süsteemis on tehtud samast materjalist, teistel juhtidel on eelistatud jätta see väärtus siin tühjaks (mitte aga null).

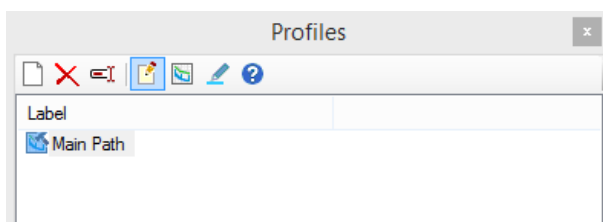
- 9) Parameetri väärtus *Vapor Pressure = -97.9 kPa* jääb vaike väärtusele.
- 10) Muuda parameetrit *Generate Animaton Data = True*.
- 11) Sulge *Calculation Options* dialoog.
- 12) Raporteeritavad rajad defineeritakse *Profile Manager* abil. Kliki riba pealt: *View > Profiles*.
- 13) Dialoogis *Profiles*, kliki *New*.
- 14) Dialoogis *Profile Setup* kliki *Select From Drawing* nupul.
- 15) Sulle avaneb nüüd võimalus klõpsata joonise alas olevatel elementidel, kliki: **PMP1D**, **P1**, **P2**, **P3**, **P4**, **P5**, **P6** ning **P7** ning seejärel tee parem klikk ja vali *Done* (või kliki nupupaanel *Select* oleval linnukesel).
- 16) Dialoogis *Profile Setup*, kliki *Open Profile* nupul.



17) Kliki *Profile* aknas nupul *Close*.

18) *Profiles* üldaknas, vali *Profile – 1* ning kliki nupul *Rename*. Sisesta uueks nimetuseks *Main Path*. Profiili kõrval olev haamri kujuline sümbol esitab, et tegu on *Report Path* tüüpi profiiliga.

19) Sulge *Profiles* dialoog.



20) Salvesta fail sama nimetusega (*HüdraulilineLöök.wtg*): *File > Save*. Nüüd oled valmis käivitama löögi arvutuse.



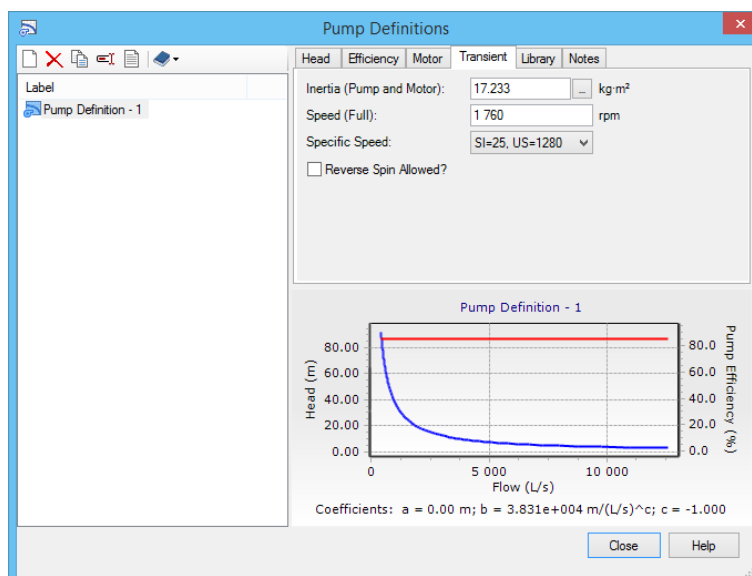
## Löögi analüüsi läbi viimine

Esmalt teostame esimese analüüsi löögist tingitud rõhkude kohta elektrikatkestuse korral ilma igasuguse kaitsesüsteemideta. Peale tulemuste analüüsi valid sa kaitsesüsteemi ning simuleerid tarkvaraga selle efektiivsust, et kontrollida löögist tingitud rõhkusid uuesti.

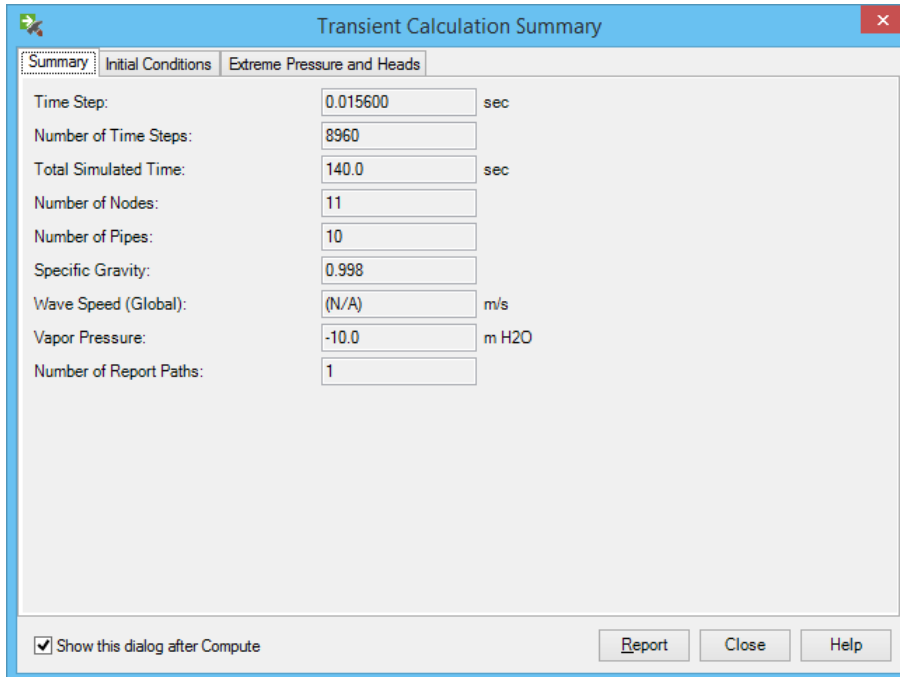
## Analüüs ilma kaitsesüsteemideta

Selleks, et süsteemi analüüsida äkilise elektrikatkestuse vastu, pead:

- 1) Tee topelt klikk pumbal *PMP1*. Dialoogis *Properties* muuda *Pump Type (Transient) > Shut Down After Time Delay*.
- 2) Lisa ka teised pumba parameetrid:
  - *Diameter (Pump Valve)*: Lisa pumba sisendi kohas olev pumba diameeter **600** mm.
  - *Time (Delay Until Shutdown)*: Määra see kui **5** sekundit. Mugavuse pärast on eeldatud, et elektrikatkestus ilmneb 5 sekundi pärast, mis võimaldab graafikult järgida ka statsionaarset olekut selle perioodi vältel.
  - Vali *Pump Valve Type = Control Valve*. Seejärel kuvatakse uus rida: *Time (For Valve to Close)*: Määra see kui **0** sekundit. Elektrikatkestus on hetkel momentaalne ning pumba ees olev kontrollklapp sulgub ilma igasuguse viiviseta (null), et kaitsta pumba kahjustuste eest.
- 3) Kliki *Pump Definition* väljal, ning vali *Edit Pump Definitions*.
- 4) Dialoogis *Pump Definitions*, kliki paanil *Efficiency*. Muuda *Pump Efficiency* tüüp kui *Constant Efficiency* ning *Pump Efficiency = 85 %*.
- 5) Kliki paanil *Transient*. Määra järgmised parameetrid:
  - *Inertia (Pump and Motor)*: See on kombineeritud pumba, võlli ning mootori inert: sisesta siia väärtus **169** N·m<sup>2</sup>. Selle väärtuse saab tootja poolsetest tabelitest või arvutada võimsuse väärtuse järgi.
  - *Speed (Full)*: Määra see kui **1760** rpm.
  - *Specific Speed*: Määra see kui *SI = 25, US = 1280*.
  - *Reverse Spin Allowed?* Võta linnuke maha!. Kui seda mitte lubada, siis omab pump tagasilöögiklappi survepoolel või on pumbal tagasipöördumatu pörkratta hammastik.



- 6) Sulge *Pump Definitions* dialoog.
- 7) Kliki nupul *Compute*, et sooritada löögi analüüs.
- 8) Peale analüüsi lõppu avatakse *Transient Calculation Summary* dialoog automaatselt, mis esitab arvutusparameetreid, mida analüüsi käigus kasutati, algtingimusi ning maksimaalseid rõhkusid ning survekõrguseid.



- 9) Sulge dialoog *Transient Calculation Summary*.
- 10) Sulge *User Notifications* aken.

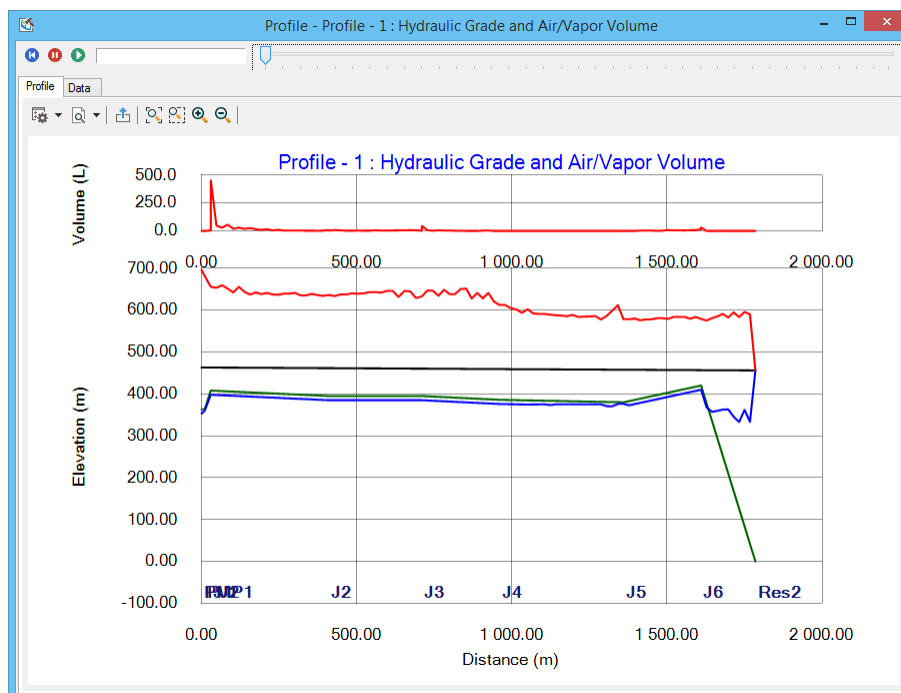
## Tulemuste analüüs

Vaikimisi ei loo tarkvara väljundit igale süsteemi punktile või ajahetkele, kuna selle tulemuseks oleks väga suured failid (kümned ja isegi sajad megabaidid). Eelnevalt määratud punktide või radade (nt profiilid) jaoks saad sa luua erinevat tüüpi graafikuid või animatsioone, et tulemusi visualiseerida:

- **HGL Profile:** Tarkvara on võimeline looma graafikuid statsionaarse survekõrgus joone (HGL) kujul, aga ka maksimaalse ning minimaalse löögist tingitud survekõrgusjoone graafikuid piki rajajoont.
- **Time History:** Tarkvara suudab luua graafikud ka ajas toimuvate muutuste kohta voluhulga ning survekõrguse löikes ning kuvada vaakumi või õhu ruumala mistahes huvipakkuvas punktis.
- **Animations:** Sa võid animeerida mingit süsteemi muutujat üle aja peale elektrikatkestust. Iga rada ning ajalugu ekraanil on sünkroniseeritud ning animeeritud üheaegselt. Pane tähele, kuidas löögilained mõne aja möödudes stabiliseeruvad.

On oluline võtta aega, et põhjalikult analüüsida igat tulemit, mida tarkvara esitab. See võimaldab leida võimalikud veakohad, ning kui neid ei paista olevat, siis võid liikuda edasi ning õppida hüdraulilise löögi kohta lisa erinevates õppematerjalidest (ka kursuse põhiõpikust). Allpool väike ülevaade tulemustest:

- **Main Path** graafik näitab, et oluline aurustunud tühimike teke on torusüsteemi kõrgemais punktis (toru põlv; nt koht pumbajaamas, kus toru lõik pöörab end 90 kraadi all horisontaalseks).
- Vaadates animatsiooni mõni kord, näeme, et aurustunud kotike kasvab sõlmes *J1* (kui veemassiiv eraldub) ning pärastpoole variseb kokku reservuaarist *Res2* peegeldunud voluhulga tõttu. Löögi rõhud on üsna äkilised, ning need eemalduvad sellest tsoonist, saates löögilaine läbi terve torustiku.
- Vaadates pumba juures olevat ajalugu, näeme, et pump sulgeb end enne, kui rõhulained pumbani jõuavad (null voluhulk), mis efektiivselt isoleerib pumba süsteemist ning kaitseb seda kahjustuste eest.



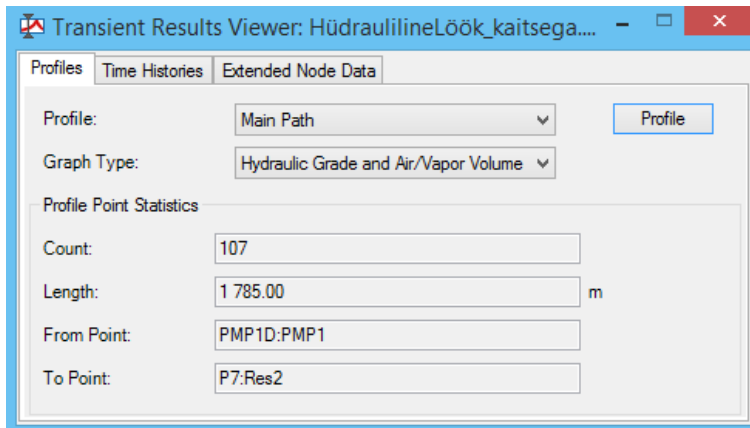
## Analüüsi läbiviimine kaitsesüsteemidega

Kindlad kaitsesüsteemid nagu hüdropneumaatiline mahuti (samuti tuntud ka kui *õhukamber* või *gaasi-reservuaar*), kombineeritud õhuklapp CAV (tuntud ka kui *vacuum-breaker* ning *air-release valve*) või ühepoolne rõhupaak (*surge tank*) saab installeerida torusüsteemide lokaalsetesse kõrgpunktidesse, et ohjeldada hüdraulilist lööki.

**Märkus:** Lisades lööki kontrolliva kaitseseadme või redigeerides opereerimise tingimusi, võidakse oluliselt muuta süsteemi dünaamilist käitumist, võimalik et isegi ajalist karakteristikut. Selleks, et valida sobivat kaitsesüsteemi, peab olemasolevat süsteemi hästi tundma, - selles osas on tarkvara kasutamine just suurepärane töövahend aga ka hea töövahend otsuseid vastu võtta ning kogemusi koguda.

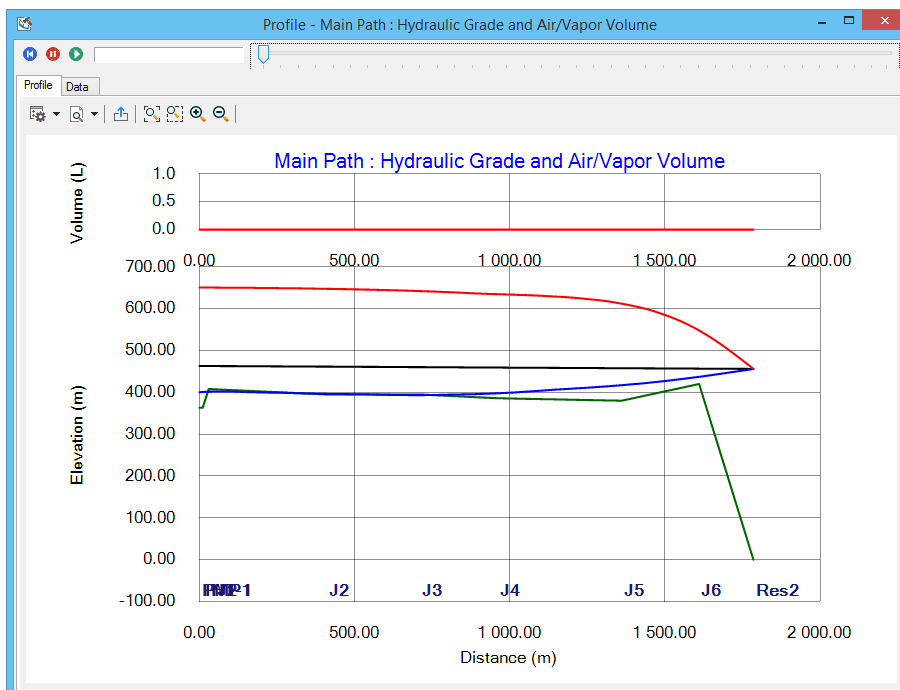
On selge, et suured rõhud on tingitud asjaolust, et aurukotid kukuvad nõ kokku sõlmes *J1*. Sa saaksid installeerida hüdropneumaatilise mahuti sõlme *J1*, et anda vooluhulka torusüsteemi elektrikatkestuse korral, hoides torustikus veemassiive liikumises ning minimeerides sellega aurukottide tekke lokaalses kõrgpunktis (või isegi elimineerides selle tekke täielikult). Saad seda teooriat proovida läbi tarkvara ning võrrelda seejärel tulemusi kaitsesüsteemideta mudeliga.

- 1) Kliki *Layout > Transient > Hydropneumatic Tank* nupul.
- 2) Kliki *J1*. Kuvatakse dialoog, kus küsitakse, kas soovid asendada *J1* sõlme *Hydropneumatic Tank* elemendiga. Kliki *Yes*.
- 3) Vali *Hydropneumatic Tank* element ning muuda parameetreid *Properties* aknas:
  - Veendu, et *Elevation* = **408.000** m.
  - Sisesta *Volume (Tank)* = **1000** L.
  - Sisesta *Volume (Effective)* = **1000** L.
  - Vali *Treat as Junction?* > *True*.
  - Sisesta *Diameter (Tank Inlet Orifice)* = **450** mm.
  - Sisesta *Ratio of Losses* = **2.5**.
  - Vali *Has Bladder?* > *True*.
  - Sisesta *Pressure (Gas-Preset)* = **0.0**.
- 4) Nüüd peame uuendama ka rapordi punkte ning rapordi rada, et need kajastaksid *J1* vahetust *HT-1* vastu. Kliki riba paanil, *Analysis > Options* ning tee topelt- klikk *Transient Solver > Base Calculation Options*.
- 5) Kliki *Report Points Collection* real lõpus oleval nupul (...).
- 6) Lisa *P1 / HT-1* ning *P2 / HT-1* nimekirja *Selected Items*. Ning kliki OK.
- 7) Vali riba pealt: *View > Element > Profiles* ning redigeeri profiili *Main Path* nii, et see sisaldaks järgmisi elemente: *PMP1, PMP1D, PJ2, P1, HT-1, P2, J2, P3, J3, P4, J4, P5, J5, P6, J6, P7* ning *Res2*. Kliki *Open Profile*. Sulge *Profile* ning *Profiles* dialoogid.
- 8) Vali: *File > Save As* ning salvesta fail uue nimega: *HüdraulilineLöök\_kaitsega.wtg*.
- 9) Kliki nupul *Compute Initial Conditions*. Sulge dialoogid *Calculation Summary* ning *User Notifications*.
- 10) Kliki nupul *Compute*. Sulge dialoogid *Transient Calculations Summary* ning *User Notifications*.
- 11) Kliki riba pealt: *Home > Common Analysis > Transient Results Viewer*.



12) Kliki nupul *Profile*.

13) Kui sa oled teinud kõik õigesti, peaksid maksimaalsed survejooned hüdropneumaatilise mahutiga olema alljärgnevad.



Installeerides hüdropneumaatilise mahuti sõlme *J1* on oluliselt vähendanud löögist tingitud rõhkusid üle terve torusüsteemi. Tänu sellele kaitsesüsteemile pole enam näha ka aurukotte toru kõrgemas punktis. Samas võib jõuda järeldusele, et piisab ka väiksemast mahutist, et saada analoogne kaitse.

Alati on võimalik, et mõni teine kaitsesüsteem suudab löögrõhkusid paremini kontrolli all hoida ning olla ka finantsiliselt otstarbekam. Enne kui viid läbi lisaarvutused, oleks mõistlik kontrollida tulemusi kaitsesüsteemiga ning ilma.

## Löögi tulemuste animeerimine punktides ning profiilidel

Tarkvara pakub mitmeid võimalusi simuleeritud tulemuste visualiseerimiseks läbi erinevate graafikute ning animatsiooni töövahendite. Esmalt pead sa määratlema, millised punktid ning rajad sind huvitavad ning ka väljundite sagedused. Seejärel teed arvutused. Tarkvara ei genereeri väljundeid kõikide punktide jaoks, kuna see võib põhjustada väga suuri failimahte. Sestap ongi võimalus luua mingi valikugrupp. Kui on tegemist väikeste võrkudega, siis võib lasta tarkvaral ka igas punktis arvutada, samas suurte võrkude puhul pole see kindlasti mitte soovitatav.

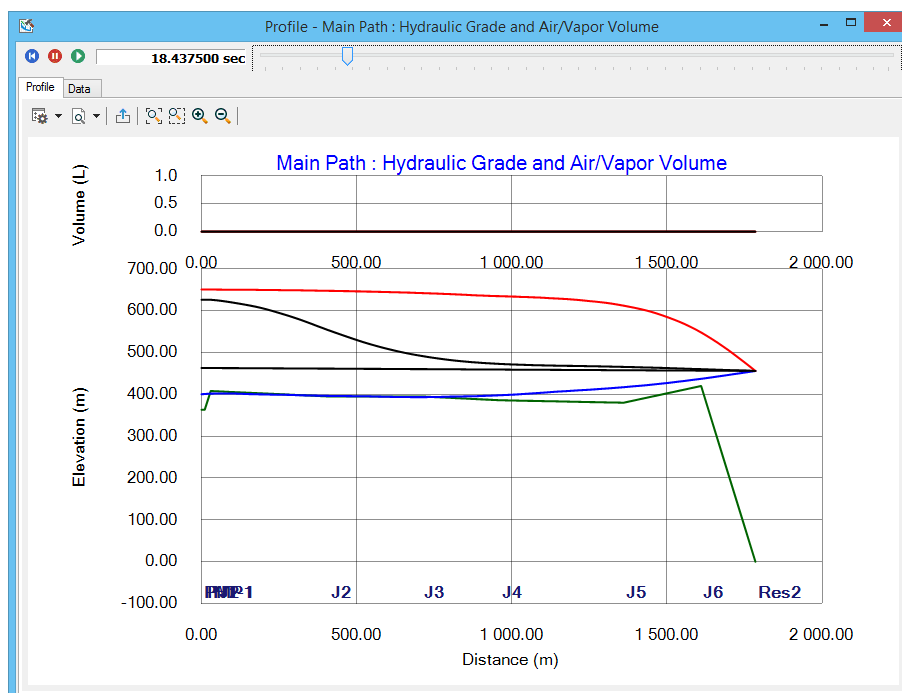
Samal põhjusel genereerib tarkvara ka animatsiooniks sobiliku info (*Animation Data*) vaid siis, kui see on esmalt aktiveeritud.

**Märkus:** Selleks, et arvutused oleksid kiiremad ning samas ka hoida kokku failimahu pealt, ära loo animatsiooni andmestikku või üldisi andmebaase kohe esimeste löögi arvutuste käigus. Kiired lahendused võimaldavad sul nobedamini jõuda õige tulemuseni, võrreldes korraga mitmeid erinevaid alternatiive.

Ehkki võid sa arvutada läbi erinevad kaitseseadmete efektiivsused, piisab tihtipeale selleski, kui võrdled maksimaalseid surveid erinevates olukordades. Seejärel, kui oled leidnud parima lahendi kaitseseadme näol, võid luua animatsiooni andmestiku, aktiveerides dialoogis *Transient Calculation Options: Generate Animation Data = True*. Peale arvutust saad avada dialoogi *Analysis > Transient Results Viewer*.

Animatsiooni löögist tingitud surveaine käitumisest saad vaadata järgmiselt järgmiselt:

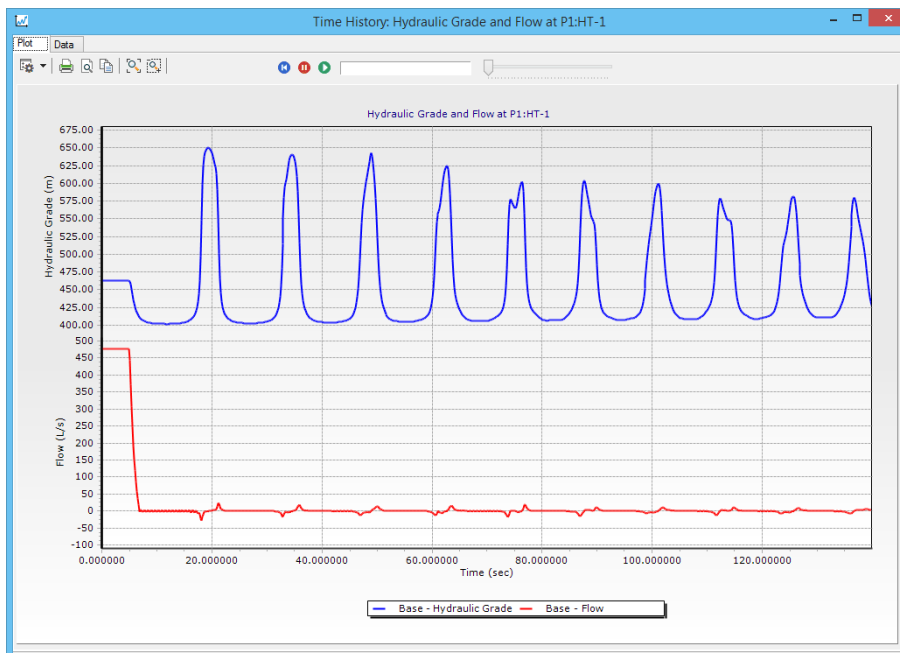
- 1) Riba pealt, *Home > Common Analysis > Transient Results Viewer*.
- 2) Vali profiil: *Profile > Main Path*.
- 3) Kliki nupul *Profile*.
- 4) Kliki rohelisel *play* nupul, et käivitada animatsioon.
- 5) Ligikaudu 18ndal sekundil peaks animatsiooni akna sisu vastama alljärgnevale pildile.



## Kommentaaside lisamine graafikutele

Tarkvara võimaldab luua löögi ajalugu esitavaid graafikuid süsteemi mistahes punktis. Enamjaolt jälgitakse siis vooluhulga ning surve muutust ajas. Lisaks saad trükkida graafiku mingi rajajoone lõikes, et esitada löögi ruumilised piirväärtused. Hiljem saad võrrelda kahte sarnast graafikut, üks kus kasutatakse kaitseseadmeid ning teine, kus neid pole.

- 1) Riba pealt, *Home > Common Analysis > Transient Results Viewer*.
- 2) Avanenud dialoogis vali nüüd paan *Time Histories*
  - *Time History: P1:HT-1*
  - *Graph Type: Hydraulic Grade and Flow*
- 3) Kliki *Plot* nupul, et kuvada löögi ajalugu.



- 4) Graafiku redigeerimiseks:

- Kui teed graafiku suvalises kohas parema kliki, leiad valiku *Chart Options*. Selle dialoogi abil on võimalik redigeerida absoluutselt kõiki graafikuga seotud parameetreid.
- Kui soovid aga kiirelt muuta vaid telje esitust, siis tee parem klikk vastaval teljel. Sul on kaks valikut: *Flow Properties / Graph Properties* (sõltuvalt sellest, mis teljel parema kliki teed, on esimene valik kas siis vooluhulk, täissurve või aeg jne). Kui esimene valik võimaldab muuta näiteks graafiku ühikut, või täpsust, siis teine valik (*Graph Properties*) kuvab sama dialoogi, mis ka *Chart Options*.