

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Tarkvarateaduse instituut

Luise Puu 130451IABMM

**SOBIVA ANDMEAIDA LAHENDUSE
VÄLJAPAKKUMINE ETTEVÕTTELE
HANZA MECHANICS TARTU**

Magistritöö

Juhendaja: Tarmo Veskioja
Tehnikateaduste
doktor

Tallinn 2017

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Luise Puu

07.05.2017

Annotatsioon

Magistritöös käsitletakse sobiva andmeaida lahenduse valikut ettevõttele HANZA Mechanics Tartu. Andmeaida juurutamine on lahenduseks ettevõttele, kus igapäevatööks vajalike aruannete operatiivsüsteemidest kättesaamine on võimatu või võtab see ebamõistlikult palju aega. Andmeaida arendamine on ettevõtte jaoks suur investeering ja põhimõtteline otsus. Turul on palju erinevaid arendusfirmasid ja erineva funktsionaalsusega lahendusi. Seetõttu on tarkvara valiku protsess oluline osa andmeaida arendusprojektist.

Ettevõtte praegune aruandlusprotsess on ebaefektiivne ja ajamahukas. Vajalike aruannete koostamiseks salvestatakse erinevatest süsteemidest andmed tabelarvutusprogrammi ja töödeldakse seal või pöördutakse IT osakonna poole, kes koostab andmebaasi vaated. Senine süsteem on kaootiline ning dokumenteerimata.

Intervjuudest erinevate kasutajagruppide esindajatega selgus, et olemasoleva süsteemiga jätkamine ei rahulda kasutajate vajadusi, samuti ei ole lahenduseks BI osa arendamine ettevõttes kasutatavasse ERP süsteemi. Vajalik on arendada andmeaida lahendus. Sobiv andmeaida tarkvara valiti kasutades Saaty hierarhilise analüüsi meetodit (AHP), võrreldes kolme turuliidri andmeaida lahenduste omadusi. Parimaiks lahenduseks hinnati Power BI, mis sai Tableau ja Qlik'i ees eelistuse põhiliselt väiksemate kulude tõttu.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 66-l leheküljel, 6 peatükki, 29 joonist, 17 tabelit.

Abstract

Finding Proper Data Warehouse Solution for Company HANZA

Mechanics Tartu

The current master thesis is written on the topic of „Finding Proper Data Warehouse Solution for Company HANZA Mechanics Tartu “. Implementation of data warehouse is a solution for companies where generating everyday reports from operative systems is impossible or unreasonably time consuming. Development of data warehouse is a huge investment and strategic decision. There are a number of different developers and solutions with different functionality on the market. Therefore, the software selection process counts as an important part of development project.

Current reporting process in HANZA Mechanics Tartu is ineffective and time consuming. For preparing reports the data from different systems will be saved in spreadsheet program for further processing. Another possibility is to turn to IT department for assistance to develop database views. Current system is chaotic and undocumented.

Interviews held with representatives of different user groups revealed that continuing with current system doesn't correspond to user needs. Developing of BI solution into company's ERP system wouldn't be solution either. There persists a need to develop a data warehouse. Proper data warehouse solution was found by using analytic hierarchy process (AHP) developed by Saaty. The functionalities of three market leading products in data warehouse market were compared. Power BI was assessed as the most proper solution mainly because of lower costs compared to other solutions under investigation – Tableau and Qlik.

The thesis is in Estonian and contains 66 pages of text, 6 chapters, 29 figures, 17 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> Hierarhilise analüüsi meetod (Saaty meetod)
Andmeait	<i>Data Warehouse</i> Ettevõtte või organisatsiooni eraldiseisev andmebaasisüsteem, kuhu regulaarselt laetakse töödeldud operatiivandmeid ja milles nende andmete põhjal on võimalik koostada aruandeid.
Andmevakk	<i>Data Mart</i> Andmeaida osa, mis koosneb mingi kindla valdkonna või kasutajagrupi vajadustele vastavatest andmetest.
BI lahendus	<i>BI solution</i> <i>Business Intelligence solution</i> Äriinfo analüüsivahend
BOM	<i>Bill of Materials</i> Nimekiri toormaterjalidest, koostetest ja alamkoostetest, mis on vajalikud lõpptoote tootmiseks.
ERP süsteem	<i>ERP System</i> <i>Enterprise Resource Planning System</i> Ettevõtte ressursiplaneerimissüsteem
ETL	<i>Extract – Transform – Load</i> Andmete andmeaita laadimise protsess, mille käigus laetakse andmed lähtesüsteemist, teisendatakse need sobivale kujule ning salvestatakse andmeaida andmebaasi.
Juhtimistöölauad	<i>Dashboard</i> Veebilehele või aruandlusvahendi ühele kuvale koondatud ühe valdkonna aruanded ja visualiseeringud.

LEAN

LEAN production

Timmitud ehk kulusäästlik tootmine, mille puhul ressursse kulutatakse üksnes lõpp-produkti huvides (protsessidest kõrvaldatakse kõik tegevused, mis ei lisa väärtust või on ebaefektiivsed).

Tundlikkuse analüüs

Sensitivity analysis

Analüüs, mis näitab, kuidas ühe või mitme kriteeriumi muutmine mõjutab lõpptulemust.

Web HIPRE

Web HIPRE

Java-põhine programm, mis toetab mitmemõjuriliste otsustusprobleemide lahendamist.

Sisukord

1 Sissejuhatus	12
1.1 Taust ja probleem	12
1.2 Ülesandepüstitus	12
1.3 Ülevaade tööst	13
2 Metoodika	14
2.1 Andmeaida arendustsükkel	14
2.1.1 Ärireeglite defineerimine	16
2.1.2 Tehnilise arhitektuuri disain	17
2.1.3 Tarkvara valik	19
3 Olemasolev süsteem	21
3.1 Ettevõttest	21
3.2 Operatiivsüsteemid	22
3.3 Aruannete koostamine	23
3.4 Võimalused aruandlussüsteemi parendamiseks	24
4 Sihtrühmad ja vajadused	26
4.1 Sihtrühmade kaardistamine	26
4.2 Kasutajate vajadused	27
4.3 Andmeaida arhitektuuriline lahendus	28
5 Lahenduse valik	30
5.1 Otsustusmudeli koostamine	31
5.1.1 Kriteeriumid	31
5.1.2 Põhikriteeriumide võrdlus	34
5.1.3 Kasutusmugavuse alamkriteeriumide võrdlus	36
5.1.4 Administreerimise alamkriteeriumide võrdlus	38
5.1.5 Kulude alamkriteeriumide võrdlus	39
5.1.6 Alternatiivid	40
5.2 Alternatiivide võrdlemine	41
5.2.1 Kasutajaliidese intuiitivsus	42
5.2.2 Analüüsivahendite olemasolu	42

5.2.3 Päringute kasutamise võimalus	42
5.2.4 Visualiseerimisvõimalused	43
5.2.5 Aruannete publitseerimise võimalused	43
5.2.6 ETL funktsionaalsus	43
5.2.7 Kasutajaõiguste haldus	44
5.2.8 Skaleeritavus	44
5.2.9 Toe pakkuja olemasolu	44
5.2.10 Pilvepõhise lahenduse võimalikkus	45
5.2.11 Juurutuse maksumus	45
5.2.12 Aastane ülalpidamiskulu	46
5.2.13 Koolituskulud	47
5.2.14 Lõpptulemus	47
5.3 Tundlikkuse analüüs	49
5.3.1 Põhikriteeriumide tundlikkuse analüüs	49
5.3.2 Alamkriteeriumide risttundlikkuse analüüs	52
5.3.3 Tasakaalustatud skaalaga mudeli tundlikkuse analüüs	55
5.3.4 Ekspertide tundlikkuse analüüs	62
6 Kokkuvõte	66
Kasutatud kirjandus	68
Lisa 1 – Web HIPRE otsustusmodelite nimekiri	70
Lisa 2 – Ekspertide hinnangud Web HIPRE mudelites	72
Lisa 3 – Alternatiivide hinnangud Web HIPRE mudelis	75
Lisa 4 – Otsustusmudeli tekstilised väljundid	82

Jooniste loetelu

Joonis 1. Kimballi elutsükli mudel [4]	14
Joonis 2. Andmeaida arhitektuur Inmoni metoodika järgi.	18
Joonis 3. Andmeaida arhitektuur Kimballi metoodika järgi.	18
Joonis 4. Ettevõtte HANZA Mechanics Tartu struktuur [8]	22
Joonis 5. Ettevõtte aruandlussüsteem praegu.	24
Joonis 6. Sihtrühmad ja aruandlusvajadus.....	27
Joonis 7. Andmeaida arhitektuuriline lahendus.....	29
Joonis 8. Otsustusmudel (WEB-Hipre).	34
Joonis 9. Ekspertide hinnangud kriteeriumidele grupiotsuses. Stsenaarium 1.....	35
Joonis 10. Ekspertide hinnangud kriteeriumidele grupiotsuses. Stsenaarium 2.....	36
Joonis 11. Kasutusmugavuse kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused WEB-Hipre mudelis.	37
Joonis 12. Administreerimise kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused WEB-Hipre mudelis.	39
Joonis 13. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused WEB-Hipre mudelis.	40
Joonis 14. Gartneri BI ja analüüsilahenduste „ <i>Magic Quadrant</i> “ [13].....	41
Joonis 15. Lõpptulemus esimese stsenaariumi järgi.....	48
Joonis 16. Lõpptulemus teise stsenaariumi järgi.	48
Joonis 17. Tundlikkuse graafik kasutusmugavuse põhikriteeriumi järgi.	50
Joonis 18. Tundlikkuse graafik administreerimise põhikriteeriumi järgi.....	51
Joonis 19. Tundlikkuse graafik kulude põhikriteeriumi järgi.	51
Joonis 20. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide osakaalud enne ja pärast muutmist. .	54
Joonis 21. Otsustusmudeli tulemused tasakaalustatud skaala korral.....	56
Joonis 22. Tundlikkuse graafik kasutusmugavuse põhikriteeriumi järgi (tasakaalustatud skaala).....	57
Joonis 23. Tundlikkuse graafik administreerimise põhikriteeriumi järgi (tasakaalustatud skaala).....	58
Joonis 24. Tundlikkuse graafik kulude põhikriteeriumi järgi (tasakaalustatud skaala).	59

Joonis 25. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide osakaalud enne ja pärast muutmist (tasakaalustatud skaala).....	61
Joonis 26. Ekspertide hinnangud.....	62
Joonis 27. Tundlikkuse graafik – 1. eksperdi osakaal.....	63
Joonis 28. Tundlikkuse graafik – 2. eksperdi osakaal.....	64
Joonis 29. Tundlikkuse graafik – 3. eksperdi osakaal.....	64

Tabelite loetelu

Tabel 1. Ranged nõuded aruandlussüsteemile.....	28
Tabel 2. Otsustusmodeli kriteeriumid.	32
Tabel 3. Andmeaida tarkvarade ametlike partnerite arv Eestis, Rootsis ja Poolas.	45
Tabel 4. Andmeaida tarkvarade juurutuse maksumused (EUR).	46
Tabel 5. Andmeaida tarkvarade aastased kulud (EUR).....	46
Tabel 6. Otsustusmodeli lõpptulemused.....	49
Tabel 7. Alamkriteeriumide kaalud alternatiivide valikul.....	52
Tabel 8. Suurima osakaaluga alamkriteeriumide ristanalüüs.	52
Tabel 9. Kulude alamkriteeriumite ristanalüüs.....	53
Tabel 10. Kulude rahaline võrdlus.	54
Tabel 11. Kulude alamkriteeriumide ristanalüüs pärast osakaalude muutmist.	55
Tabel 12. Lineaarne ja tasakaalustatud skaala.....	56
Tabel 13. Tulemused lineaarse ja tasakaalustatud skaala korral.	57
Tabel 14. Alamkriteeriumide kaalud alternatiivide valikul (tasakaalustatud skaala).....	59
Tabel 15. Risttundlikkuse analüüs (tasakaalustatud skaala).....	60
Tabel 16. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide risttundlikkus (tasakaalustatud skaala).	60
Tabel 17. Kulude alamkriteeriumide ristanalüüs pärast kaalude muutmist (tasakaalustatud skaala).	61

1 Sissejuhatus

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on sobiva andmeaida lahenduse väljapakkumine ettevõttele HANZA Mechanics Tartu. Selleks kirjeldatakse ettevõtte olemasolev aruandlussüsteem, kaardistatakse sihtrühmad, kes hakkavad andmeaita kasutama, ning kirjeldatakse nende vajadused. Sobiva tarkvara valik toimub Saaty hierarhilise analüüsi meetodi (AHP) alusel, mille käigus koostatakse otsustusmudel ning toimub alternatiivide hindamine.

1.1 Taust ja probleem

Ettevõttel HANZA Mechanics Tartu puudub kasutajate vajadustele vastav aruandlussüsteem. Vajalike aruannete koostamiseks salvestatakse erinevatest süsteemidest andmed tabelarvutusprogrammi ja töödeldakse seal või pöördatakse IT osakonna poole, kes koostab andmebaasi vaated. Senine süsteem on kaootiline ning dokumenteerimata. Aruandlusprotsess tänasel kujul on ebaefektiivne ja ajamahukas. Lisaks on andmete käsitsi töötlemisel suur oht vigade tekkimiseks.

Üheks võimaluseks aruandlusprotsessi parendada on laadida andmed lähtesüsteemi(de)st andmeaita, kuhu ehitatakse ka vajalikud aruanded ning on olemas andmeanalüüsi vahendid. Andmeaida arendamine on ettevõtte jaoks suur investeering ja põhimõtteline otsus. Turul on palju erinevaid arendusfirmasid ja erineva funktsionaalsusega lahendusi. Seetõttu on tarkvara valiku protsess oluline osa andmeaida arendusprojektist.

1.2 Ülesandepüstitus

Magistritöö eesmärgiks on välja pakkuda sobiv andmeaida lahendus ettevõttele, mis võimaldaks parimal viisil ettevõtte töö käigus tekkivaid andmeid analüüsida ning ühtlasi koostada vajalikku aruandlust.

Töö eesmärkideks on:

1. Selgitada välja kasutajagrupid, kes hakkavad aruandlus- ja analüüsivahendeid kasutama;
2. Panna kirja kasutajate aruandlusvajadused ja nõuded süsteemile;
3. Analüüsida erinevaid turul pakutavaid andmeidalahendusi ning pakkuda välja ettevõttele sobivaim.

1.3 Ülevaade tööst

Antud magistritöö puhul on tegemist projektiga, mille käigus antakse ülevaade ettevõttes HANZA Mechanics Tartu olemasolevast aruandlussüsteemist ja selle kitsaskohtadest, leitakse kriteeriumid, mille põhjal analüüsitakse erinevate andmeaida lahenduste plusse ja miinuseid. Töö tulemusena pakutakse ettevõttele välja sobiv andmeaida lahendus.

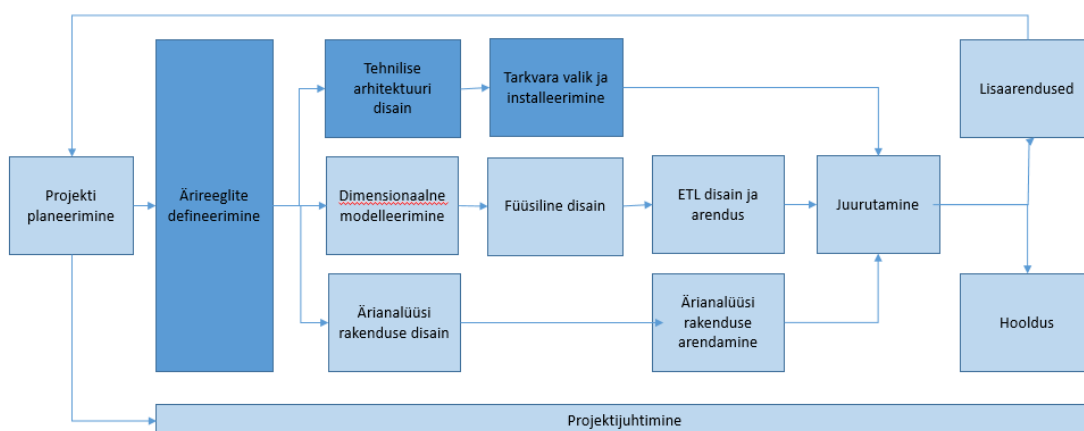
Töö on jaotatud kuude osasse: sissejuhatus, metoodika, olemasolev süsteem, sihtrühmad ja vajadused, lahenduse valik ning kokkuvõte. Sissejuhatavas osas kirjeldatakse töö tausta ja sellega haakuvat probleemi, töö eesmärke ning antakse ülevaade tööst. Metoodika peatükis antakse ülevaade metoodikast, tuuakse lühidalt ära teooria, millele tuginedes töö on kirjutatud, ning piiritletakse töö ulatus. Olemasoleva süsteemi peatükis kirjeldatakse ettevõtet ning hetkeolukorda aruannete ja analüüside koostamisel. Sihtrühmade ja vajaduste peatükis leitakse tulevased andmeaida lahenduse kasutajad ja kaardistatakse nende vajadused. Ühtlasi selguvad kriteeriumid, mis on sisendiks otsustusmudelisse. Töö viimaseks sisuliseks osaks on lahenduse valik, kus eelneva info põhjal koostatakse otsustusmudel, mida kasutatakse turul pakutavate lahenduste hindamiseks ning pakutakse välja sobivaim lahendus ja põhjendatakse valikut. Töö viimaseks osaks on kokkuvõte.

2 Metoodika

Üks organisatsiooni põhilistest varadest on informatsioon. Informatsiooni säilitatakse kas operatiivsüsteemides või andmelao lahendustes. Kuna operatiivsüsteemi ülesehitus on ühe andmekirje ja sisestuspõhine, siis reeglina on sealt andmeid analüüsimiseks sobival kujul keeruline kätte saada. Operatiivsüsteemide andmete struktuur võimaldab andmeid kergesti sisestada ja käsitleda ühe andmekirje (tellimus, klient, reklamatsioon) kaupa, kuid aruannete ja analüüside jaoks, kus soovitakse saada ülevaadet tuhandetest andmekirjetest, on vaja hoopis teistsuguseid süsteeme, selleks sobivad andmelao lahendused [1]. Konkurentsipüsimeks on ettevõtte vajalik kiiresti saada ülevaadet oma tegevusest, finantsnäitajatest ja neid mõjutavatest indikaatoritest. Andmelao lahenduste kiire populaarsuse kasvu tõttu on oluliselt suurenenud turul pakutavate lahenduste hulk ja võimalused, arendused muutunud komplektsemateks ning koos sellega kasvanud ka arenduste hind [2]. Ebasobiva lahenduse arendamine tähendab ettevõttele suurt kulu nii rahalise kui ajalise ressursi osas, seetõttu on oluline arenduse algusfaasis valida sobiv lahendus.

2.1 Andmeaida arendustsükkel

Andmeaida arendustsükli läbiviimiseks on üheks enimkasutatavaks Kimballi elutsükkel („Kimball Lifecycle“). Ralph Kimball sõnastab oma raamatus „The Data Warehouse Lifecycle Toolkit“ [3] andmeaida arendamise elutsükli, mis koosneb mitmetest tegevustest saavutamaks hästi toimivat andmeaida disaini, arendust ning juurutamist.



Joonis 1. Kimballi elutsükli mudel [4]

Joonisel 1 on kujutatud etappide kaupa andmeaida arendusprojekti elutsüklil Kimball Grupi ettekujutuses. Ärireeglitest lähtuvad järgmised kolm tegevuste voogu: tehnilise lahenduse voog, andmetega seonduv voog ning lõppkasutajale mõeldud ärianalüüsi rakenduste voog, mida täidetakse paralleelselt [3]. Elutsüklil koosneb kokku 13 tööülesandest:

Üldised tegevused:

1. Projekti planeerimine („*Project Planning*“) – fookuses on projekti käimalükkamine, skoobi määramine ning töögrupi komplekteerimine.
2. Projekti juhtimine („*Project Management*“) – tegevus, mis kestab projekti kogu elutsükli vältel ning on oluline projekti sujuvaks edenemiseks.
3. Ärireeglite defineerimine („*Business Requirements Definition*“) – keskendutakse kasutajate praegustele ja tulevastele vajadustele, etapis määratakse ja kirjeldatakse ettevõtte jaoks olulisimad tegurid, mille põhjal koostatakse nõuded arendustegevuse jaoks.

Tehnoloogilise raja tegevused:

4. Tehnilise arhitektuuri disain („*Technical Architecture Design*“) – Kirjeldatakse süsteemi tehnilised nõuded võttes arvesse nii kasutajate vajadusi kui olemasolevat IT keskkonda.
5. Tarkvara valik ja installeerimine („*Product Selection & Installation*“) – eelmise sammu jätkuna valitakse sobiv tarkvaralahendus, mis täidab nii kasutajate kui tehnilisi nõudeid, ja installeeritakse see.

Andmete raja tegevused:

6. Dimensionaalne modelleerimine („*Dimensional Modelling*“) – disainitakse andmelao jaoks andmemudel, millega tagatakse lihtne ja mugav kasutajakogemus ning päringute kiirus.
7. Füüsiline disain („*Physical Design*“) – selle tööülesande raames saavutab andmemudel füüsilise kuju, kus võetakse arvesse jõudlust parandavaid lahendusi.

8. ETL (teisenduskihi) disain ja arendus („*ETL Design ja Development*“) – viimase sammuna lisatakse andmete rajal andmeaita teisenduskiht koos oma eraldus-, transformeerimis-, laadimis- ja haldusprotsessidega.

Äriteabe raja tegevused:

9. Ärianalüüsi rakenduse disain („*BI Application Specification*“) – kirjeldatakse, milliseid aruandeid, päringuid, andmekaeve vahendeid jne on otstarbekas kasutusele võtta.

10. Ärianalüüsi rakenduse arendamine („*BI Application Development*“) – selle tööülesande raames arendatakse valmis eelmises punktis välja valitud rakendus.

11. Juurutamine („*Deployment*“) – ühendab omavahel tehnoloogilise külje, andmed ning äriteabe loogika rakendused.

Arendus- ja hooldustegevused:

12. Hooldus („*Maintenance*“) – on vajalik loodud lahenduse töös hoidmiseks.

13. Lisaarendused („*Growth*“) – viitab andmeaida arendamise järgmisele iteratsioonile, milles kogu elutsükkel algab uuesti projekti planeerimise etapist.

Käesolevas magistritöös on võetud aluseks Kimballi andmelao elutsükli teooria. Keskendatakse elutsükli tehnoloogilisele rajale. Kuna tehnoloogilist rada ei ole võimalik läbida ilma ärireegleid defineerimata, siis on ka selle elutsükli etapi tegevused magistritöös kirjeldatud.

2.1.1 Ärireeglite defineerimine

Ralph Kimball sõnastab oma raamatus „*The Data Warehouse Lifecycle Toolkit*“ [3] peamised võtmetegurid eduka andmelao projekti läbiviimiseks. Võtmeteguritena on kirjeldatud tugev juhtkonnapoolne toetus, kaalukas äriiline motivatsioon ning IT ja äri partnerlus. Ilma äriteadmisteta ei paku andmeaida projekt piisavat tuge protsessidele ning ilma IT poolse panuseta on keeruline saada tööle andmeaidaga kaasnevaid tehnilisi protsesse. Ärireeglite defineerimine on kindlasti üks etappe, kus äripoolse kaasatus on väga oluline. Kuna ärireeglite defineerimine toimub projekti algusfaasis, annab see

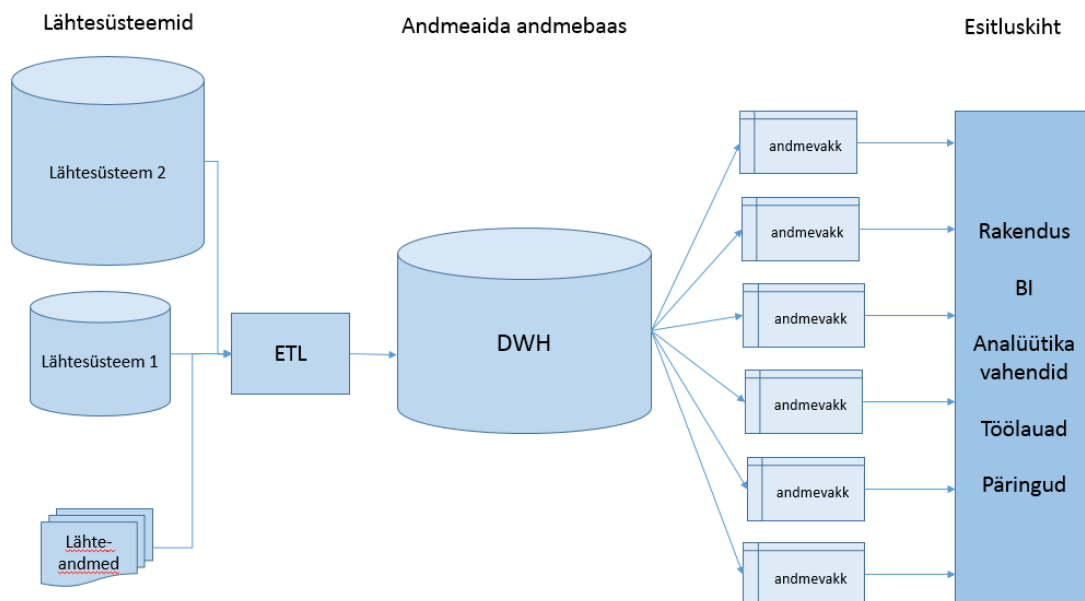
sisendi arendusprojekti järgmistesse etappidesse ning seega mõjutab tugevalt projekti lõpptulemust.

Kimballi [1] järgi tuleb ärireeglite defineerimisel läbida kaks protsessi – kasutajagruppide defineerimine ning intervjuude läbiviimine gruppide esindajatega. Kasutajagruppide määramisel saab lähtuda organisatsiooni struktuurist – selgitades välja struktuuriüksused ja valdkonnad, kus igapäevatöö tulemuste hindamiseks ja parendamiseks andmeanalüüs vajalik on (organisatsiooni horisontaalne vaade), kuid ei saa mööda minna ka juhtkonnast ning erinevatest juhtimistasanditest, kus on vajadus organisatsiooniüleste ning juhtimisaruannete järele (organisatsiooni vertikaalne vaade). Struktuuriüksuste esindajatelt on oluline teada saada nende tegevused ja tegevuste mõõdikud (mõõdikud on sisendiks andmelao andmemudelile). Juhtkonnalt ja analüütikutelt saadakse teada, kas on vajadus 'ad-hoc' raportite või standardiseeritud aruannete ja juhtimistöölauade järele (see teadmine on sisendiks tehnilise lahenduse valikul).

2.1.2 Tehnilise arhitektuuri disain

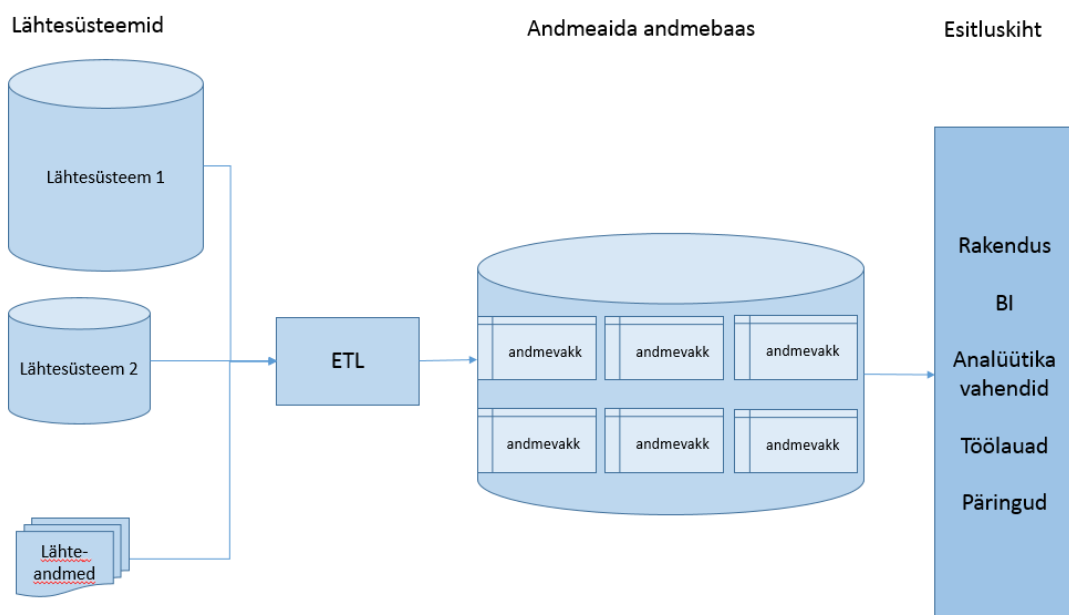
Tehnilise arhitektuuri disain on andmeaida arendustsükli tehnoloogilise raja esimene etapp. Nõuded andmeaida arhitektuurile tulenevad ühest küljest otseselt ärireeglite defineerimise protsessist – olulisteks märksõnadeks on siin andmelaadimiste sagedus ja kiirus, käideldavus (kas aruandeid peab saama teha 24/7, tööpäeviti vms), skaleeritavus (võimalik andmemahu suurenemine tulevikus, kasutajate arvu suurenemine, uute funktsionaalsuste vajadus). Lisaks ärireeglitele tuleb selles etapis arvesse võtta ka nõuded, mis tulenevad organisatsiooni olemasolevast IT arhitektuurist – näiteks olemasolevad standardid, turvanõuded, tehnoloogiline plaan, sobivus olemasoleva riist- ja tarkvaraga [1].

Samuti tuleb otsustada, kas andmeaida arendamisel läheneda kogu organisatsiooni vaatest – st laadida andmeaita kõik aruandluseks vajalikud andmed, mis võimaldab teostada organisatsiooniülest andmeanalüüsi (Inmoni metoodika) [5]. Andmeaida arhitektuuri Inmoni metoodika järgi kujutab joonis 2.



Joonis 2. Andmeida arhitektuur Inmoni meetoodika järgi.

Teine võimalus on alustada üksikutest valdkondadest, mis annab võimaluse lahendust kiirelt kasutama hakata, kuid organisatsiooniülene vaade tuleb alles hilisemas etapis moodustudes loodud andmevakkade kooslusest (Kimballi meetoodika) [4]. Kimballi meetoodika järgi peaks andmeida arhitektuur välja nägema selline, nagu toodud joonisel 3.



Joonis 3. Andmeida arhitektuur Kimballi meetoodika järgi.

Et organisatsioonile sobivat lähenemist valida, tuleb lähtuda vajadustest – kas oluline on arendada kõikehõlmav andmeait või arendada kiirelt üksikud andmevakad, mida kasutajad saavad hakata kiirelt kasutama. Tihti osutub optimaalseimaks kombineeritud lahendus, kus kasutatakse mõlema teooria eeliseid [6]:

- Planeeritakse ja defineeritakse nõuded kogu ettevõtte andmeid hõlmava andmeaida arendamiseks;
- Disainitakse kogu andmeaida arhitektuur;
- Standardiseeritakse andmed;
- Andmeait arendatakse iteratiivselt andmevakkade kaupa;
- Jälgitakse, et iga järgmine andmevakk oleks eelmistega seotud.

Sellise arendamise eelis on see, et algne planeerimine tehakse ettevõtte tasandil – nõuded kogutakse ja arhitektuur disainitakse võttes arvesse kogu ettevõtte vajadusi. Seejärel defineeritakse andmevakad, mille arendamine toimub ükshaaval. Kuna iga järgmine andmevakk tuleb arendada selliselt, et see sobituks ühtsesse andmeaida arhitektuuri, siis koos moodustavad need lõpuks ettevõtte andmeaida. Kuna andmevakad on disainitud kasutajagruppe silmas pidades, siis toimub nende kasutuselevõtt vastavalt nende valmimisajale.

2.1.3 Tarkvara valik

Organisatsioonile sobiv andmelao tarkvara pakub piisavalt funktsionaalsust äripoole nõuete rahuldamiseks ning täidab tehnilise arhitektuuri disaini nõudeid. Tarkvara valiku protsessi kirjeldavad nii Kimballi kui Inmoni [5] arendustsükli meetodikad. Mõlemad meetodikad jagavad valikuprotsessi etappideks:

1. Esmane valik. Oluline etapp, kuna välistatakse need lahendused, mis organisatsioonile ei sobi (kas tehnilisest aspektist lähtuvalt või ei võimalda täita äripoole etteantud nõudeid). Eesmärgiks on valida välja tooted, mida detailsemalt analüüsida ja paremusjärjestusse seada.

2. Pakkumiste küsimine arendusfirmadelt. Inmoni teooria kohaselt peaks pakkumus sisaldama lahenduse tehnilisi nõudeid (sobivus andmebaasiplatvormide ja operatsioonisüsteemidega), administreerimisvõimaluste kirjeldust, konfigureerimisjuhiseid ning tähtsamate andmeanalüüsivahendite kirjeldust [5]. Samas Kimball soovib pakkumiste küsimisest loobuda, kuna see on aja- ja ressursimahukas nii organisatsioonile (ülesandepüstituse koostamine) kui pakkujale (pakkumise koostamine). Lisaks kipuvad tarnijad pakkumises oma toodet näitama ainult positiivsest küljest, jättes puudused välja toomata [1].
3. IT hinnang. Selles etapis hindab IT lahendust tehnilisest küljest, elimineerides tooted, mida on liig keeruline või võimatu administreerida. Olulised kriteeriumid on ka kasutatavus, stabiilsus ja funktsionaalsus. IT tiim hindab, kas toode ka tegelikult olemasolevas keskkonnas töötab, selle installeerimise keerukust ja koolitus- ning toevajadust. Etapi lõpuks peaks sõelale jääma vaid 2 – 4 toodet, mille töökindluses IT on täiesti kindel.
4. Lõppasutaja hinnang. Selles etapis tuleks kasutajatele anda testimiseks valitud tarkvarade testversioonid koos organisatsiooni operatiivsüsteemidest pärinevate näidisandmetega.

Seatud eesmärkideni jõudmiseks kirjeldatakse ettevõtte praegune aruandlussüsteem. Aruandlussüsteemi kirjeldamisel kasutatakse UML komponentide diagrammi. Seejärel kaardistatakse sihtrühmad, kasutajate vajadused ja nõuded tulevasele aruandlussüsteemile. Sihtrühmade kaardistamisel kasutatakse UML kasutusjuhtude diagrammi. Nõuete väljaselgitamiseks viiakse läbi intervjuud kõigi sihtrühmade esindajatega. Nõuded tulevasele aruandlussüsteemile võivad osutuda nii rangeteks kui poolpehmeteks nõueteks. Kasutajate vajadusi käsitletakse rangete nõuetena, mille põhjal tehakse alternatiivide eelvalik otsustusprotsessis. Poolpehmed nõuded lisatakse otsustusmudelisse kriteeriumidena. Sobiva andmeida lahenduse valik toimub USA matemaatiku Thomas L. Saaty hierarhilise analüüsi meetodi (AHP) alusel. Antud meetod on mõeldud eeskätt subjektiivsete hinnangute alusel valiku tegemiseks ning on abiks olukordades, kus mõõtmise puhul on keeruline kasutada standardskaalasid [7].

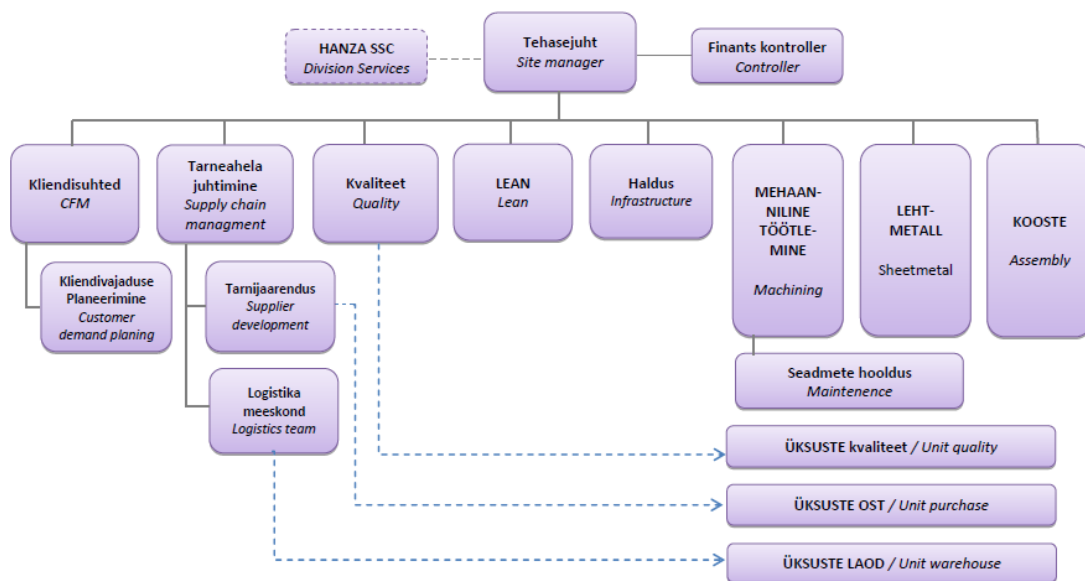
3 Olemasolev süsteem

Kui organisatsioonis puudub ühtne aruandlussüsteem, leiavad kasutajad erinevaid võimalusi, et nendele vajalikke näitajaid, siiski operatiivsüsteemidest kätte saada. Erinevates struktuuriüksustes on kasutatavad meetodid erinevad ning ka erinevatest operatiivsüsteemidest toimub andmete pärimine erinevalt. Kui tegemist on üle keskmise suurusega ettevõttega, kus kasutatakse mitmeid operatiivsüsteeme, on selline andmete pärimine ebaefektiivne.

3.1 Ettevõtte

Ettevõtte HANZA Mechanics Tartu puhul on tegemist tootmisettevõttega. HANZA Mechanics Tartu kuulub HANZA gruppi, mille tehased asuvad Eestis, Rootsis, Soomes, Poolas ja Hiinas. HANZA Tartu on spetsialiseerunud peenmehhaanika, elektroonika, metalli ja kooste allhanketöödele. Tartu tehastes töötab kokku 470 inimest ning ettevõttel on üks laiaulatuslikemaid mehaanika masinaparke kogu Eestis.

Tootmine toimub kolmes tootmisüksuses – mehaaniline töötlemine, lehtmetsall ja kooste. Kvaliteediosakond teostab kvaliteedikontrolli (tootmisprotsessi kontroll, metrooloogiline kontroll) kõigis tootmisüksustes. Ostjad peavad tagama, et tootmiseks vajalik materjal oleks olemas õigeaegselt. Laos tuetakse nii materjalide vastuvõtu, tootmise varustamisega materjalidega kui valmiskaupade väljasaatmisega. Eraldi üksus on kliendisuhete loomiseks ja hoidmiseks, seal toimub ka hinnapakkumiste ja klienditellimuste haldus. *LEAN*-üksus tegeleb protsesside optimeerimisega kogu tehases. Tugiteenuseid – IT, raamatupidamine, personaliosakond, strateegiline ost – koondab HANZA SSC (*Shared Service Centre*). Ettevõtte struktuur on toodud joonisel 4.



Joonis 4. Ettevõtte HANZA Mechanics Tartu struktuur [8]

3.2 Operatiivsüsteemid

Oma igapäevatoos kasutab ettevõtte (nagu kõik kontserni ettevõtted) majandustarkvara Monitor (<http://monitor.se/>) [9]. Monitor on ERP-süsteem, mille erinevaid moduleid kasutavad oma töös kõik osakonnad.

ERP süsteemi erinevad moodulid võimaldavad ettevõttel hallata kogu oma tööprotsessi. Igapäevatoos kasutatavad moodulid ja nende võimalused on:

Tootismoodul

- Toodete ettevalmistus (BOM)
- Eelarvestus, järelarvestus
- Tootmistellimuste registreerimine
- Tootmise planeerimine
- Allhangete haldamine
- Materjali broneerimine
- Tootmistellimuste raporteerimine

Ostumoodul

- Tarnijate haldus
- Hinnapakkumised
- Ostutellimused
- Kaupade saabumise raporteerimine
- Sisendkontroll
- Ostureskontro

Müügimoodul

- Kliendihaldus
- Pakkumised
- Müügitellimused
- Saadetised ja transport
- Arved
- Müügireskontro

Laomoodul

- Artiklite register
- Materjalivajaduste planeerimine
- Inventuur
- Laokoha süsteem
- Kvaliteedihaldus
- Laoväärtus

Töötajate ja tööaja moodul

- Tootmistellimuste aja raporteerimine
- Tööaja raporteerimine
- Tööaja jälgimine ja autoriseerimine
- Töögraafikute ja kalendrite haldus
- Töökeskuste haldus ja planeerimine

Raamatupidamismoodul

- Kontoplaan
- Raamatupidamiskanded
- Perraamat
- Finantsaruanded
- Eelarve ja prognoosid

Lisaks on kasutusel finantssüsteem Taavi, mida kasutatakse põhiliselt palgaarvestuses.

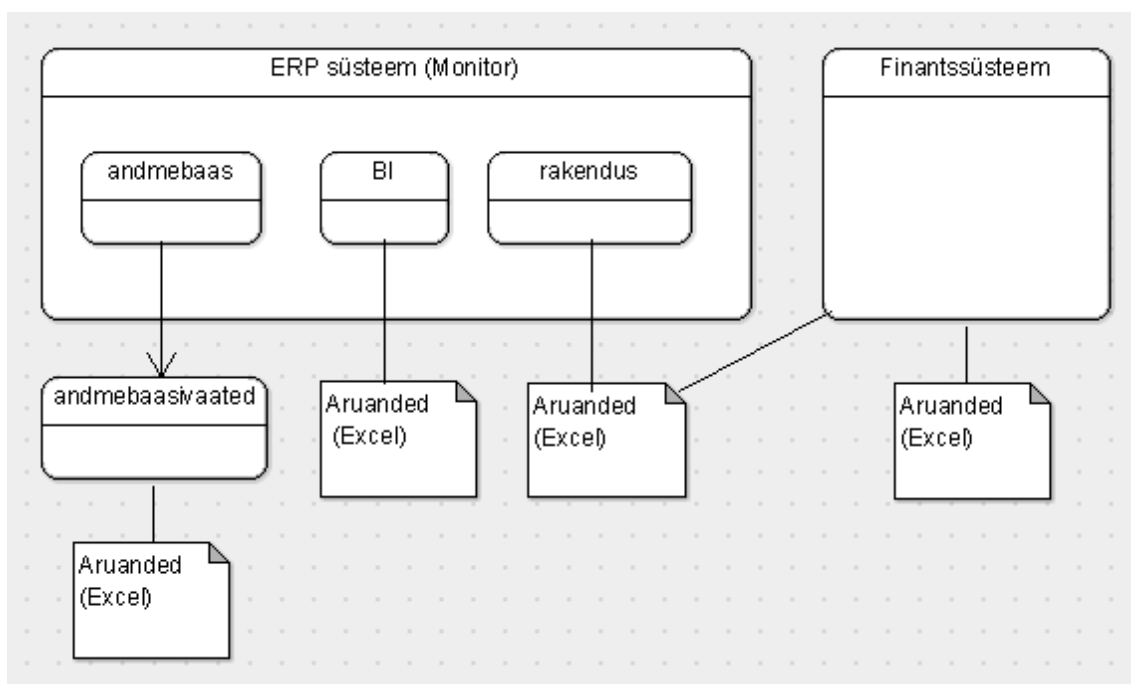
3.3 Aruannete koostamine

Praegune aruandlussüsteem hõlmab lähtesüsteemi ehitatud aruandeid, mida kasutaja saab rakendusest käivitada, lähtesüsteemi sisest BI lahendust ning andmebaasi programmeeritud vaateid. Lähtesüsteemi aruanded on enamasti kitsa valdkonna põhised (ostutellimuste nimekiri, müügitellimuste nimekiri, tootmistellimuste nimekiri, tarnijate nimekiri, klientide nimekiri, töökeskuste nimekiri jne). Olemas on ka lihtsamad sorteerimis- ja filtreerimisvõimalused (nt artiklite nimekiri laokohtade kaupa või

hilinenud tellimuste nimekiri). ERP süsteemi sisene BI lahenduse funktsioon on hetkel põhiliselt kontserniüleste aruannete saamine (näiteks on võimalik välja võtta tarnija tarnemaht kogu kontserni ettevõtetele).

Vajalike aruannete koostamiseks salvestatakse erinevatest süsteemidest andmed tabelarvutusprogrammi ja töödeldakse seal või pöördatakse IT osakonna poole, kes koostab andmebaasi vaated. Selline süsteem on kaootiline ning dokumenteerimata. Aruandlusprotsess tänasel kujul on ebaefektiivne ja ajamahukas. Lisaks on andmete käsitsi töötlemisel suur oht vigade tekkimiseks.

Praegust aruandlussüsteemi kirjeldab joonis 5.



Joonis 5. Ettevõtte aruandlussüsteem praegu.

3.4 Võimalused aruandlussüsteemi parendamiseks

Ettevõttel on valida erinevate variantide vahel, kuidas aruandlussüsteemiga jätkata:

1. Esiteks on võimalik jätkata olemasoleva süsteemiga. Võimalik on IT üksuselt tellida lisaarendusi andmebaasivaadetes ning jätkata Excelis andmete töötlemisega. Selle lahenduse eeliseks on see, et see ei nõua suuri lisakulusi. Siiski tuleks töötunde panustada olemasoleva süsteemi ning lisaarenduste

dokumenteerimisele. Süsteemi suurim puudus on see, et aruanded on eraldiseisvad, puuduvad integreeritud analüüsivahendid. Andmete töötlemine kulutab ajaressurssi, mida võiks selle asemel kasutada andmeanalüüsiks. Samuti on selline aruannete tellimine kaootiline, puudub ühtne süsteemi haldamine ning arendused sõltuvad tihti IT üksuse ajaressursi olemasolust.

2. Teine võimalus oleks arendada edasi ERP-süsteemi sisest BI lahendust. See tähendaks arenduste tellimist ERP-süsteemi arendajalt (rahaline kulu) ning sõltuvust ühest arendajast. Keerukas on hinnata sellise lahenduse kasutatavust, kuna praegusel kujul ei ole BI lahendus laialdast kasutust leidnud. Tõenäoliselt ei kataks ainult BI lahenduse edasiarendamine olemasolevat aruandlusvajadust. Keeruline oleks ka lisada andmeid teistest süsteemidest.
3. Kolmas variant on arendada aruandlusvajadusi rahuldav andmeida lahendus. See toob kaasa nii arenduskulud kui kulud uue tarkvara soetamisel. Samas tähendaks see aruannete omavahelist seotust ning sisse ehitatud analüüsivahendeid. Väheneksid eksimisvõimalused ja ajakulu aruannete koostamisel.

4 Sihtrühmad ja vajadused

Kuna organisatsiooni kõik osakonnad vajavad oma tegevuse jälgimiseks ja paremaks planeerimiseks aruandeid, lähtuti sihtrühmade määramisel ettevõtte struktuurist (joonis 4). Vajaduste väljaselgitamiseks viidi läbi intervjuud kõigi osakondade esindajatega ning juhtkonnaga.

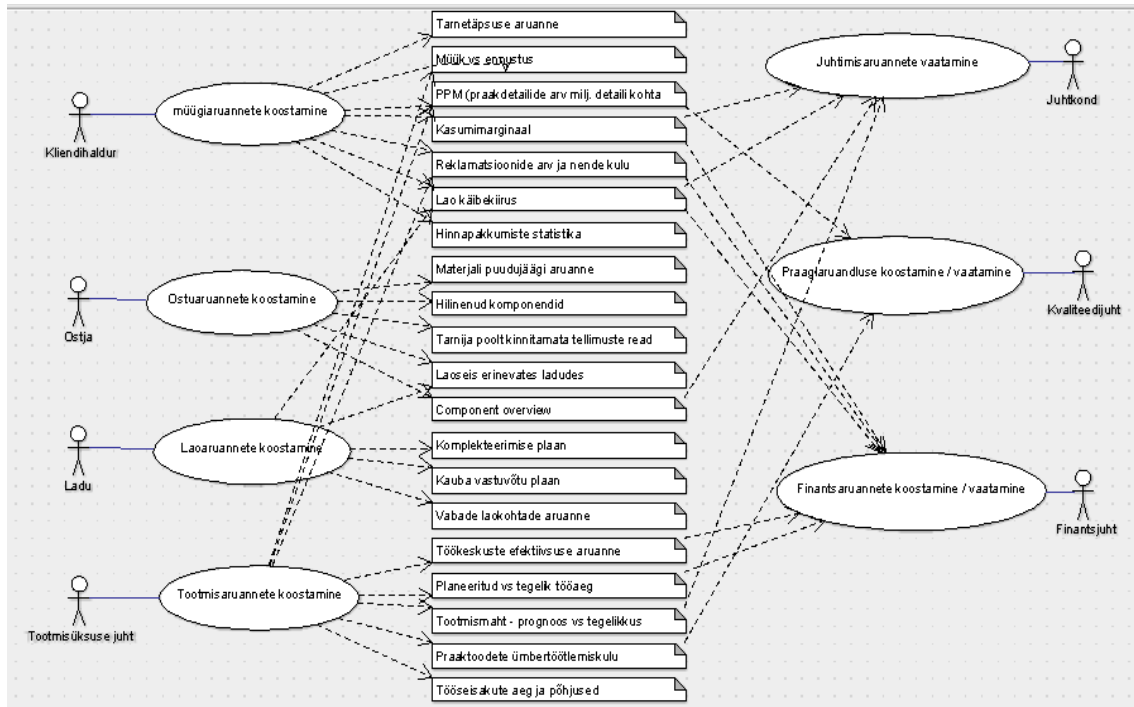
4.1 Sihtrühmade kaardistamine

Organisatsiooni struktuuri põhjal defineeritud sihtrühmad on:

1. Kliendihaldurid. Kliendihaldurite aruandlusvajadus seondub kõigega, mis puudutab müüki – müügikäive ja kasum klientide ning tootegruppide lõikes, tarnetäpsus, reklamatsioonid ja nendega seonduvad kulud.
2. Ostjad. Ostjate töös on kõige olulisem, et vajalikud ostukomponendid tarnitaks õigeaegselt – selliselt, et tootmises ei tekiks hilinemisi materjali puudumise tõttu. Samas ei tohi ka laomaht liig suureks kasvada ning peab olema ülevaade, millistes ladudes milliseid materjale leidub.
3. Ladu. Kuna ladu tegeleb nii komplekteerimisega tootmise jaoks kui kaupade väljasaatmise ja vastuvõtmisega, siis on neil oluline teada nii tootmisplaani kui tarneplaani, mis võimaldab neil paremini oma tööjõudu planeerida.
4. Tootmisüksused. Tootmisüksustel on aruandeid vaja tööjõu ja tööpinkide töö planeerimiseks. Tarvis on aruandeid, mis kajastavad seisakuid ja tööpinkide efektiivsust. Kliendihalduritelt saadakse tagasiside klientide rahulolu kohta ehk kliendireklamatsioonide statistika. Tootmisüksused annavad sisendi kvaliteedijahi poolt koostatavatesse praagikulu ja kvaliteedi aruannetesse.
5. Juhtkond. Juhtimisaruanded on nn „suure pildi“ aruanded, mis peavad kiirelt andma ülevaate kõrvalekalletest, kuid sisulisemaks analüüsiks on vaja võimalust ka detailseid andmeid kuvada.

6. Finantsjuht. Finantsaruanded saadakse osaliselt finantssüsteemist. Kuid aruannete sisenditeks on ka müügiaruanded, laokäibe aruanded, praagiaruanded.
7. Kvaliteedijuht. Kvaliteedijuht saab tootmisüksustelt andmeid praaktoodete kohta.

Seoseid erinevate sihtrühmade aruannete vahel kirjeldab joonis 6:



Joonis 6. Sihtrühmad ja aruandlusvajadus

Jooniselt on näha, et sisuosakonnad (kliendihaldurid, ostjad, laotöötajad, tootmisüksused) vajavad oma töös efektiivsuse tagamiseks palju detailseid aruandeid. Detailne aruandlus on omakorda sisendiks juhtimistasandite (juhtkond, kvaliteedijuht, finantsjuht) aruannetele.

4.2 Kasutajate vajadused

Intervjuude käigus uuriti kasutajatelt ka, millised oleksid need funktsionaalsused, mis peaksid uuel aruandlussüsteemil kindlasti olemas olema. Kasutajate vajadusi käsitletakse edaspidi rangete nõuetena, mille põhjal tehakse alternatiivide eelvalik otsustusprotsessis.

Kasutajate poolt kokkulepitud rangete nõuete loetelu on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 1. Ranged nõuded aruandlussüsteemile

Ranged nõuded
Veebipõhine rakendus
Visualiseerimisvahendite olemasolu
Drill-down jm analüütikavahendite olemasolu
Mitme andmeallika võimalus
Aruannete omavaheline seotus
Intuiitiivne kasutajaliides
Andmete ajaloo säilitamise võimalus
Aruannete publitseerimise võimalus (failiserver, veeb, e-mail)
Võimalus andmeid importida Excelisse
Aruannete salvestamise võimalus pdf-dokumenti

Kasutajate poolt kirjeldatud rangete nõuete ülevaatusel ilmneb, et eelpooltoodud kolmest võimalikust aruandlussüsteemi edasiarendusvariandist tuleb välistada kaks esimest (olemasoleva süsteemi edasiarendamine ning ERP süsteemi sisese BI lahenduse arendamine). Eelkõige seetõttu, et puuduvad vajalikud analüüsivahendid ning aruanded ei ole omavahel seotud.

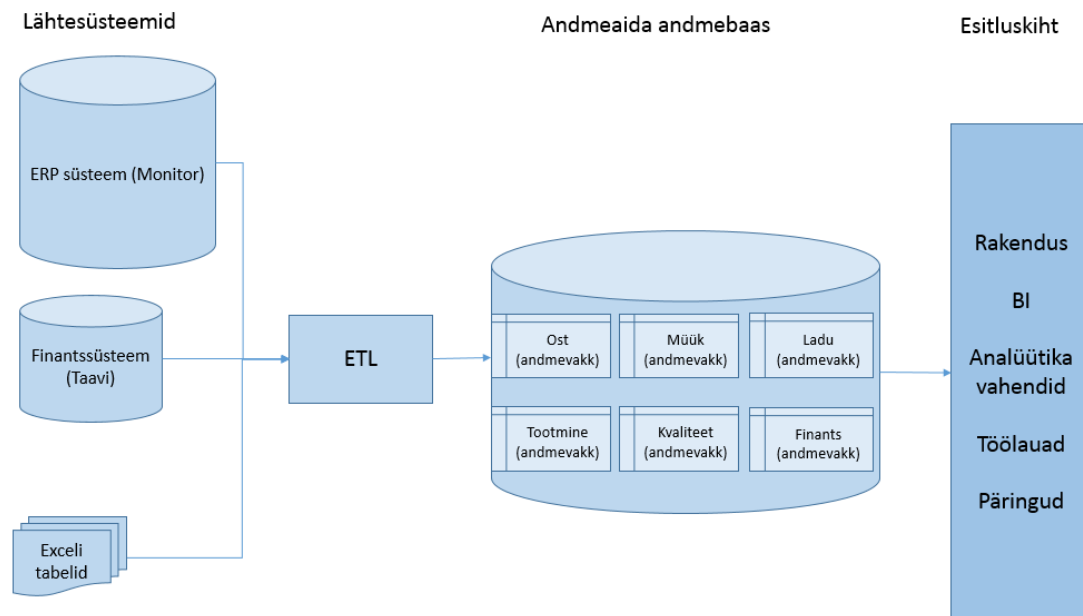
4.3 Andmeaida arhitektuuriline lahendus

Parim viis andmeaita arendada on teha seda iteratiivselt – kõigepealt arendatakse üks osa valmis, kui see on tööle saanud, siis järgmine ja nii edasi. Iteratiivsel arendamisel on mitmeid eeliseid [10]:

- Lõppkasutaja ei suuda kõiki nõudeid defineerida enne, kui esimene iteratsioon on kasutusele võetud;
- Juhtkond ei anna lõplikku heakskiitu enne, kui on olemas esimesed käegakatsutavad tulemused;
- Iteratiivne arendus võimaldab juba projekti alguses reaalseid tulemusi näha.

Töö autor soovib andmeaita arendada Kimballi meetodi järgi, arendades funktsioonipõhised andmevakad. Seega koosneks andmeait järgnevatest

andmevakkadest: ost, müük, ladu, tootmine, kvaliteet ja finants (joonis 7). Nendest andmevakkadest kujuneks ettevõtte andmeait, kust juhtkond saab organisatsioonitülest aruandlust kokku panna ja andmeanalüüsi teostada.



Joonis 7. Andmeida arhitektuuriline lahendus

5 Lahenduse valik

Lahenduste alternatiivide võrdlemiseks kaustatakse L. Saaty poolt loodud hierarhilise analüüsi meetodit. Meetodit kasutatakse laialdaselt erinevates valdkondades grupiotsuste tegemisel. Saaty meetodi idee seisneb selles, et otsustajad vabastatakse vajadusest vaadeldavatele objektidele absoluutsete hinnangute andmisest. Selle asemel piirduakse objektide võrdlemisega paarikaupa. Meetod võimaldab vaadeldava eesmärgi kontekstis käsitleda nii mõõdetavaid kriteeriume, kui ka "pehmeid" subjektiivselt hinnatavaid väärtusi [11]. Saaty meetodi (AHP) puhul tuleb kõigepealt otsustada, millised faktorid/kriteeriumid on otsustuse juures olulised. Seejärel süstematiseeritakse need hierarhilisse struktuuri.

Töös kasutakse Saaty skaala arvulisi hinnanguid 1 kuni 9 (ja nende pöördväärtusi):

1 – võrdse tähtsusega (kaks kriteeriumit pole mõjus eristatavad)

3 – mõõdukas paremus (üks kriteerium on teisest eristatavam)

5 – oluline paremus (ühel kriteeriumil on teise suhtes tugev eelis)

7 – väga tugev paremus (kriteeriumil on teise kriteeriumi suhtes väga tugev eelis)

9 – ekstreemne paremus (tugevaim võimalik paremus või eelistus)

2, 4, 6, 8 – kompromiss kahe naaberhinnangu vahel [12]

Saaty meetod põhineb kriteeriumite omavahel paarikaupa võrdlemisel ja kehtib hinnangute pöördväärtus ($1/i$) nn pöördelisustingimus: kui elemendil a on elemendi b suhtes hinnang i, siis b elemendil a suhtes on hinnang $1/i$. Saaty hierarhilise struktuuri võib jagada kolme järjestikusse rühma: esimeses kihis on eesmärk; teises kihis kriteeriumid, mis otsustust mõjutavad; ja viimases kihis alternatiivid. Kriteeriumitel võivad olla ka alamkriteeriumid. Kaalude arvutamine toimub järgmiselt: kõigepealt koostatakse kriteeriumite paaritiste võrdluste maatriks. See risttabel ongi aluseks kriteeriumite kaalude arvutamiseks. Järgmisena leitakse matemaatilises mõttes esitatud tabeli suurim omaväärtus ja sellele vastav omavektor. Omavektori kaalud on kriteeriumite osakaaludeks. Omaväärtuste põhjal arvutatud kooskõlaindeksi abil saab hinnata maatriksi võrdlushinnangute omavahelist kooskõla.

5.1 Otsustusmudeli koostamine

Esimeseks sammuks otsustusmudeli koostamisel oli stsenaariumite paikapanek. Stsenaariumitest sõltub hinnatavate kriteeriumite ja alamkriteeriumite valik. Kriteeriumite valikul on lähtutud sellest, et nende alusel oleks võimalik hinnata tarkvaravalikut nii ainult ettevõttele HANZA Mechanics Tartu kui ka arvestades võimalike edasiarendusi ja laienemist teistesse kontserni ettevõtetesse.

5.1.1 Kriteeriumid

Otsustusmudelisse on lisatud kriteeriumid nii kasutusmugavuse, administreerimise kui kulude kohta.

Otsustusmudelisse on kasutatud järgnevaid kriteeriume ja alamkriteeriume:

- Kasutusmugavus
 - Kasutajaliidese intuiitiivsus
 - Analüüsivahendite olemasolu
 - Päringute kasutamise võimalus
 - Visualiseerimisvõimalused
 - Aruannete publitseerimise võimalused
- Administreerimine
 - ETL funktsionaalsus
 - Kasutajaõiguste haldus
 - Skaleeritavus
 - Toe pakkuja olemasolu
 - Pilvepõhise lahenduse võimalikkus
- Kulud
 - Juurutuse maksumus
 - Aastane ülalpidamiskulu
 - Koolituskulud

Otsustusmudeli kriteeriumid ja alamkriteeriumid koos selgitustega on toodud tabelis 2.

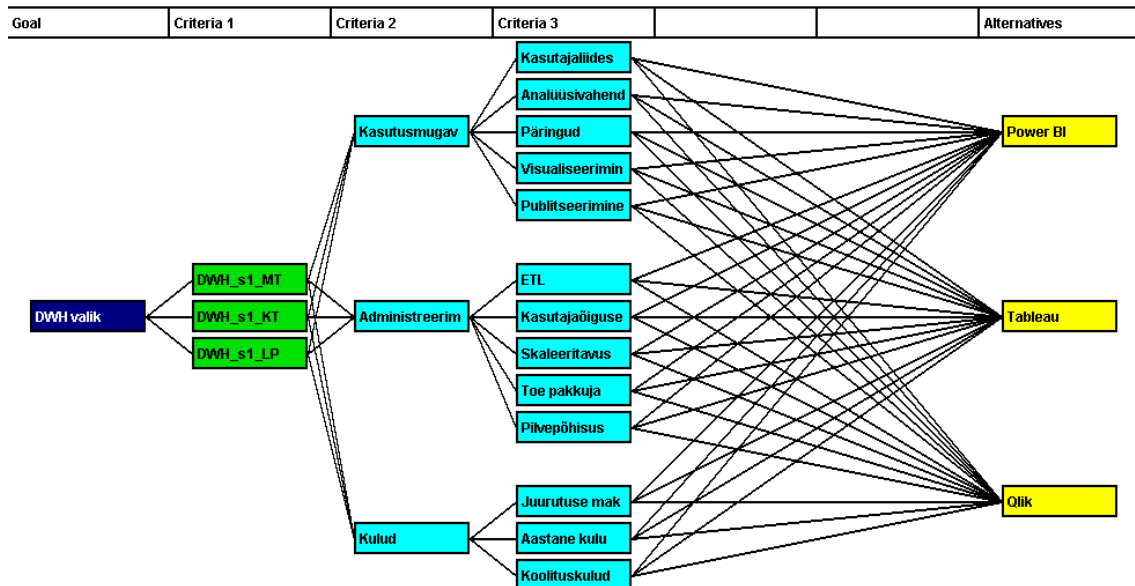
Tabel 2. Otsustusmodeli kriteeriumid.

Kriteerium	Alamkriteerium	Selgitus
Kasutusmugavus		Kasutusmugavus on tihti andmeaida projekti olulisim edukriteerium. Kui teistes kriteeriumides saab järeleandmisi teha, siis kasutajad (kes enamasti kasutavad andmeaita esmakordselt) ei võta lahendust omaks, kui see ei ole intuiitiivne või kui andmeanalüüsivahendid on nende jaoks keerulised kasutada [6].
	Kasutajaliidese intuiitiivsus	Kasutajaliidese intuiitiivsus näitab, kui lihtne on kasutajal leida ja rakendada talle vajalikke funktsionaalsusi kasutajaliidises – kui kasutajaliidises on kasutajatele liiga keerukas, toob see tõenäoliselt kaasa selle, et uus tarkvara ei leia laialdast kasutust organisatsioonis.
	Analüüsivahendite olemasolu	Analüüsivahendid muudavad andmeaida kasutamise analüütilisemaks – erinevad filtrid, sorteerimisvõimalused, agregeeritud funktsioonid, drill-down võimaldavad leida andmetes põhjuslikke seoseid.
	Päringute kasutamise võimalus	Päringute kasutamise võimalus on ilmselt siiski suhteliselt väheoluline kriteerium, leiab kasutust eeldatavasti ainult kõige kõrgematasemeliste kasutajate puhul.
	Visualiseerimisvõimalused	Visualiseerimisvahendid (kaardid, trendijooned, spidomeetrid) võimaldavad saada kiire ülevaate andmete muutumisest ajas ning leida andmetes kiiresti valupunkte, mis vajavad erilist tähelepanu.
	Aruannete publitseerimise võimalused	Aruannete publitseerimise all mõistetakse nende jagamist erinevate kasutajate töölaudadele, salvestamist failiserverile, publitseerimist veebi ning aruannete ajastatud saatmist e-mailile.

Kriteerium	Alamkriteerium	Selgitus
Administreerimine		Administreerimine on oluline kriteerium IT osakonnale, hõlmates kõike seda, mis on vajalik lahenduse juurutamiseks ning igapäevase töö sujuvaks tagamiseks.
	ETL funktsionaalsus	ETL funktsionaalsuse puudumisel tuleb soetada eraldi tarkvara andmete sobival kujul andmeaita laadimiseks ning see tõstab projekti maksumust.
	Kasutajaõiguste haldus	Kasutajaõiguste haldus peaks võimaldama anda erinevatele kasutajagruppidele ligipääsu erinevatele andmevaldkondadele ning eristada kasutajaid, kes saavad aruandeid luua kasutajatest, kellel on ainult vaatamisõigused.
	Skaleeritavus	Skaleeritavus näitab tarkvara või teenuse kasvu (edasiarenduste) võimalust. Skaleeritav on lahendus, mis suurenenud andmemahu, lähtesüsteemide või kasutajate arvu korral jääb kasutatavaks endisel funktsionaalsuse tasemel.
	Toe pakkuja olemasolu	Kuna enamlevinud andmeaita lahendustele pakuvad tuge mitmed tarkvarafirmad, siis on siin hinnangud antud tootjate ametlike partnerite arvu järgi.
	Pilvepõhise lahenduse võimalikkus	Esialgu ei plaanita lahendust juurutada pilves, kuna majandustarkvaral, mis on suurim lähtesüsteem, puudub hetkel pilvepõhine lahendus. Kuid kuna majandustarkvara pilvepõhine lahendus on arendamisel, siis hinnatakse ka andmeaita pilvepõhisuse võimalikkust.
Kulud		Projekti elluviimisel hinnatakse alati selle tasuvust. Kulude osas hinnatakse nii alginvesteeringu maksumust kui hilisemat ülalpidamiskulu.
	Juurutuse maksumus	Kulud, mis kaasnevad tarkvara arendamise ja kasutuselevõtuga organisatsioonis.

Kriteerium	Alamkriteerium	Selgitus
	Aastane ülalpidamiskulu	Aastases ülalpidamiskulus on suurim osakaal toe maksumusel
	Koolituskulud	Tõenäoliselt väheoluline alamkriteerium, kuid võib olla tarkvarade lõikes väga varieeruv, seega tuleb sellega arvestada

Kriteeriumide ja alamkriteeriumide põhjal on koostatud otsustusmudel WEB-Hipre [13] keskkonnas. Otsustusmudelisse on lisatud võrreldavad alternatiivid ning kriteeriumide, alamkriteeriumide paarikaupa võrdlemise kaalud ja alternatiivide hindamise tulemused. WEB-Hipre mudeli ekraanitõmmis on toodud joonisel 8. Nimekiri kõikidest magistritöö jaoks koostatud otsustusmudeli variatsioonidest on toodud lisa 1.



Joonis 8. Otsustusmudel (WEB-Hipre).

5.1.2 Põhikriteeriumide võrdlus

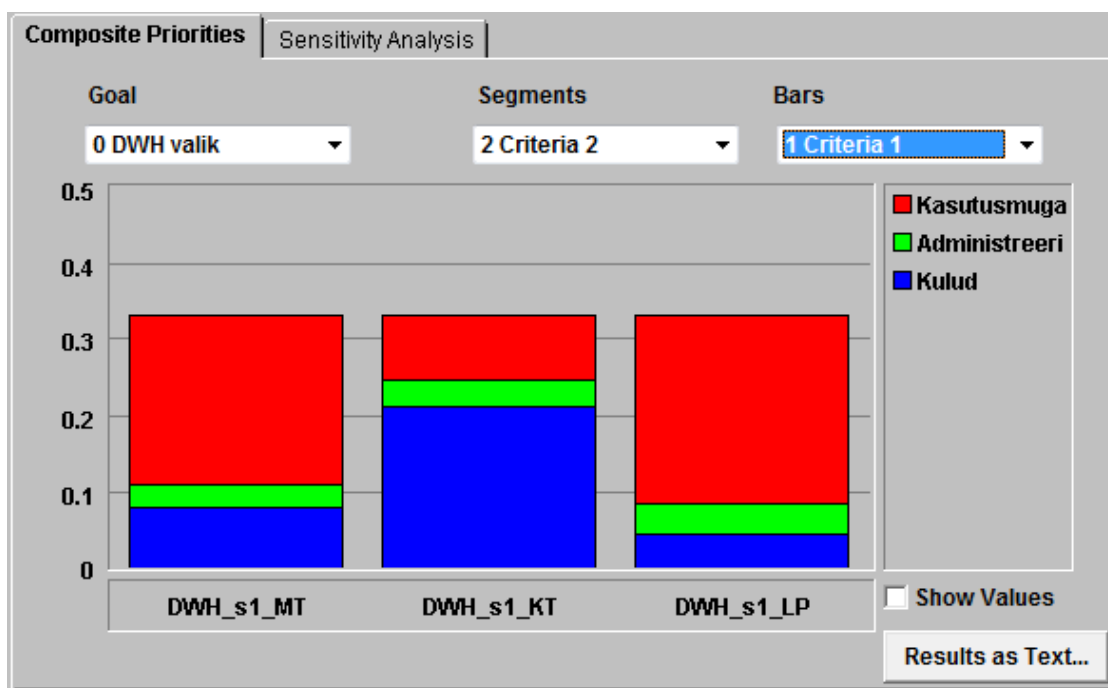
Põhikriteeriumide võrdlemisel on kasutatud grupiotsust. Grupiotsuse teostamiseks annavad erinevate kasutajagruppide esindajad oma hinnangud eraldiseisvalt. Hinnangute põhjal arvutatakse kriteeriumite kaalude geomeetriline keskmine, mis on grupiotsuse tulemuseks.

Grupiotsuses osalesid kolm HANZA IT osakonna töötajat, kes osalevad andmeida juurutusprojektis. Tõenäoliselt on nad projektis osalejatest kõige objektiivsemad hindajad, kuna peavad tulevikus hakkama tegelema nii kasutajatele toe pakkumisega andmeida kasutamisel kui andmeida administreerimisega (andmelaadimiste monitoorimine, kasutajaõiguste haldus jne). Põhikriteeriumeid võrreldi kahe stsenaariumi järgi:

1. Stsenaarium – Andmeait juurutatakse ainult ettevõttes HANZA Mechanics Tartu;
2. Stsenaarium – Andmeait juurutatakse ka teistes grupi ettevõtetes Rootsis ja Poolas.

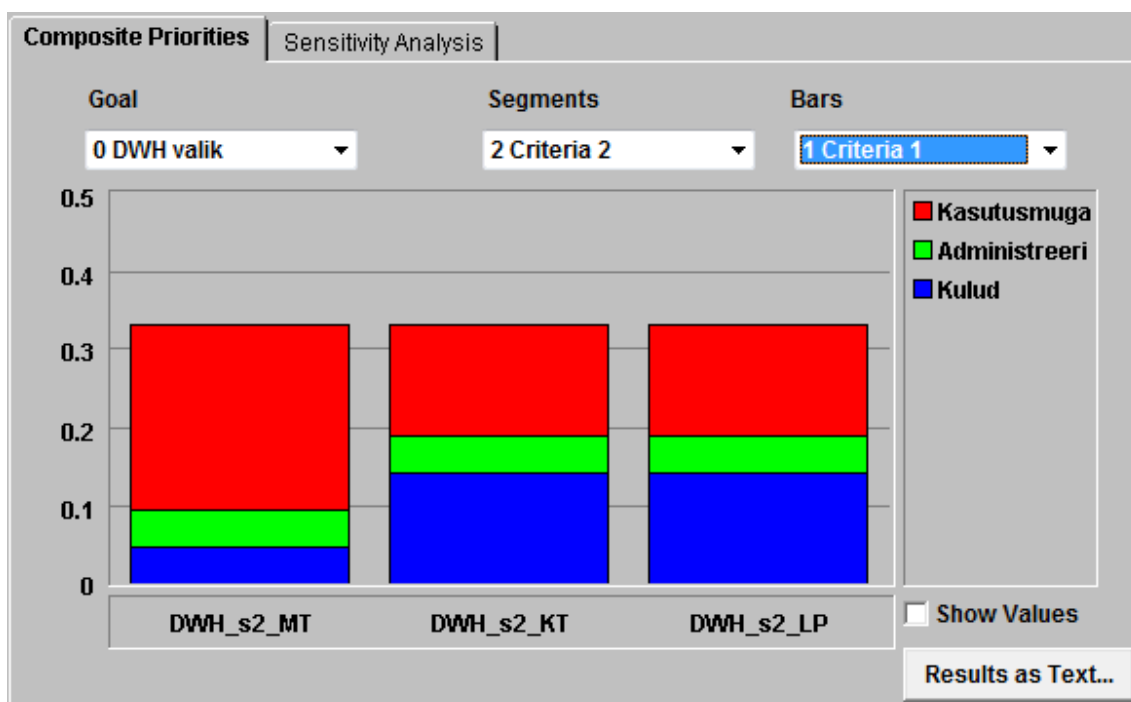
Hinnangud on kantud mudelitesse, mis asuvad Web-HIPRE keskkonnas (1. stsenaariumi mudelid DWH_s1_MT, DWH_s1_KT ja DWH_s1_LP; 2. stsenaariumi mudelid DWH_s2_MT, DWH_s2_KT ja DWH_s2_LP). Otsustajate hinnangud on võetud otsustusmudelisse võrdsete kaaludega. Ekraanitõmmised ekspertide hinnangutest Web HIPRE keskkonnas on toodud lisas 2.

Joonisel 9 on toodud ekspertide hinnangud esimese stsenaariumi järgi. Kaks eksperti on olulisimaks pidanud kasutusmugavust, ühe eksperdi hinnangutes on olulisim kulude kriteerium. Administreerimisele on kõik eksperdid väikseima tähtsuse omistanud.



Joonis 9. Ekspertide hinnangud kriteeriumidele grupiotsuses. Stsenaarium 1.

Joonisel 10 on toodud ekspertide hinnangud teise stsenaariumi järgi. Kaks eksperti on andnud sarnased hinnangud – andes võrdse hinnangu kuludele ja kasutusmugavusele. Üks ekspert on eelistanud kasutusmugavust ning hinnanud administreerimise ja kulude osakaalu võrdseks.



Joonis 10. Ekspertide hinnangud kriteeriumidele grupiotsuses. Stsenaarium 2.

5.1.3 Kasutusmugavuse alamkriteeriumide võrdlus

Alamkriteeriumidele on antud järgnevad hinnangud:

Kasutajaliidese intuiitiivsus vs Analüüsivahendite olemasolu – Kasutajaliidese intuiitiivsus on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

Kasutajaliidese intuiitiivsus vs Päringute kasutamise võimalus – Kasutajaliidese intuiitiivsus on ekstreemselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 9.

Kasutajaliidese intuiitiivsus vs Visualiseerimisvõimalused – alamkriteeriumid on võrdse eelistusega. Hinnang Saaty skaalal 1.

Kasutajaliidese intuiitiivsus vs Aruannete publitseerimise võimalused – Kasutajaliidese intuiitiivsus on tugevalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 7.

Analüüsivahendite olemasolu vs Päringute kasutamise võimalus – Analüüsivahendite olemasolu on oluliselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 5.

Analüüsivahendite olemasolu vs Visualiseerimisvõimalused – Visualiseerimisvõimalused on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

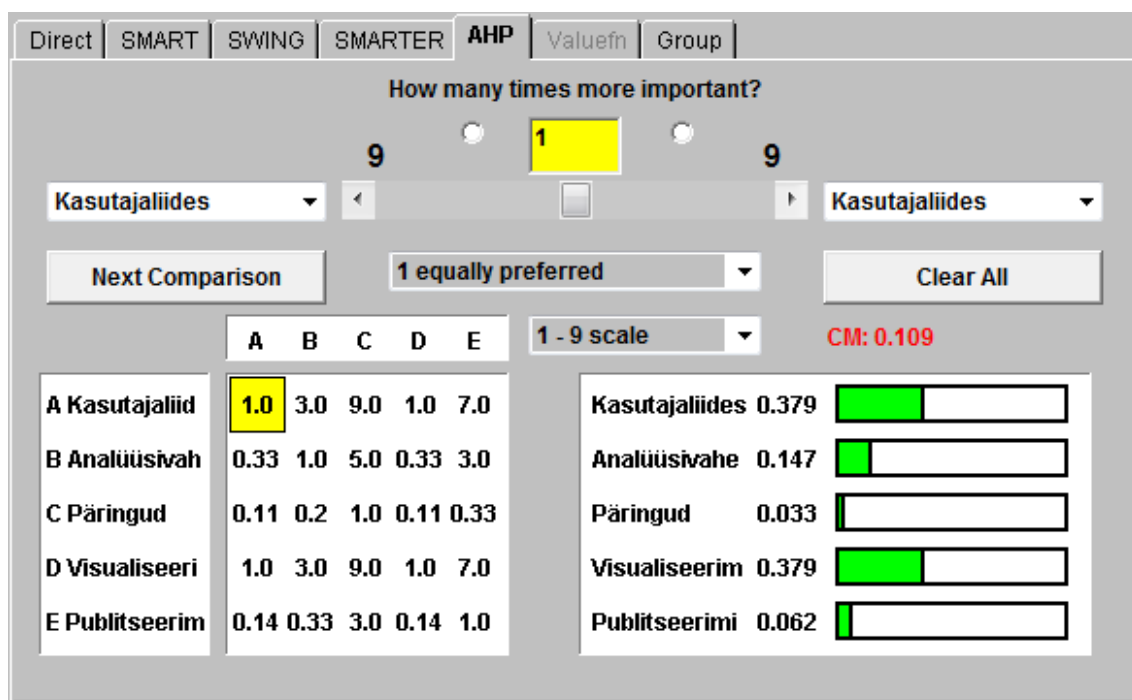
Analüüsivahendite olemasolu vs Aruannete publitseerimise võimalused – Analüüsivahendite olemasolu on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

Päringute kasutamise võimalus vs Visualiseerimisvõimalused – Visualiseerimisvõimalused on ekstreemselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 9.

Päringute kasutamise võimalus vs Aruannete publitseerimise võimalused – Aruannete publitseerimise võimalused on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

Visualiseerimisvõimalused vs Aruannete publitseerimise võimalused – Visualiseerimisvõimalused on tugevalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 7.

Kasutusmugavuse kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused Web-Hipre mudelis on toodud joonisel 11



Joonis 11. Kasutusmugavuse kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused WEB-Hipre mudelis.

5.1.4 Administreerimise alamkriteeriumide võrdlus

Administreerimise alamkriteeriumidele on antud järgnevad hinnangud:

ETL funktsionaalsus vs Kasutajaõiguste haldus – ETL funktsionaalsus on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

ETL funktsionaalsus vs Skaleeritavus – ETL funktsionaalsus on tugevalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 7.

ETL funktsionaalsus vs Toe pakkuja olemasolu – ETL funktsionaalsus on oluliselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 5.

ETL funktsionaalsus vs Pilvepõhise lahenduse võimalikkus – ETL funktsionaalsus on ekstreemselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 9.

Kasutajaõiguste haldus vs Skaleeritavus – Kasutajaõiguste haldus on oluliselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 5.

Kasutajaõiguste haldus vs Toe pakkuja olemasolu – Kasutajaõiguste haldus on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

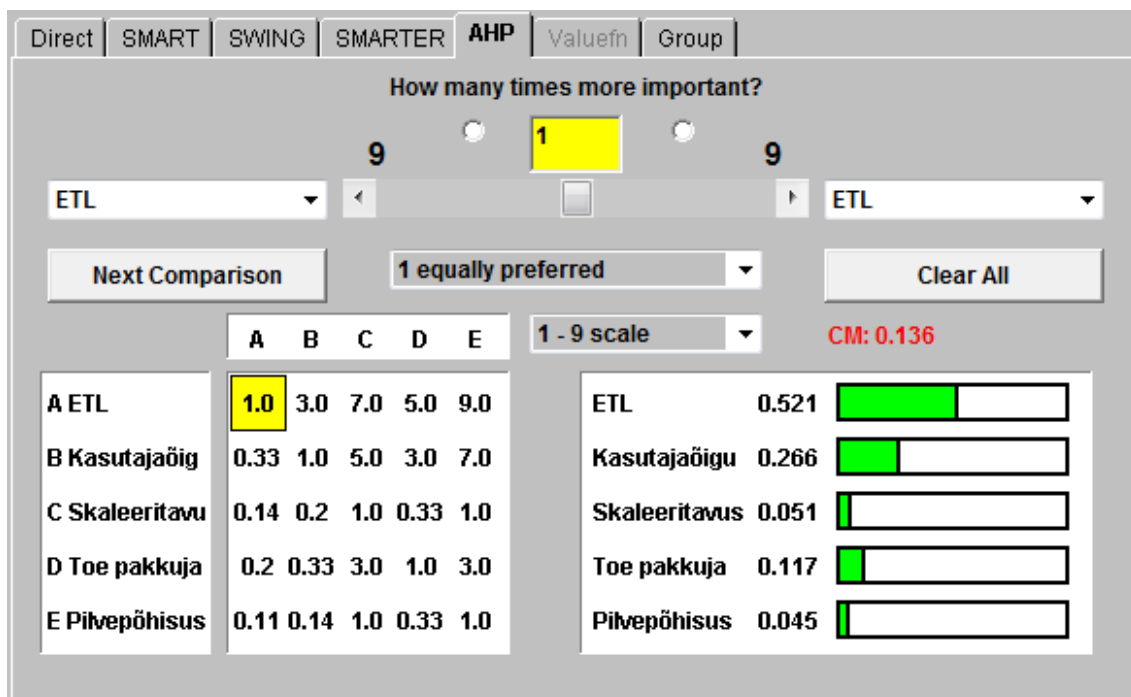
Kasutajaõiguste haldus vs Pilvepõhise lahenduse võimalikkus – Kasutajaõiguste haldus on tugevalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 7.

Skaleeritavus vs Toe pakkuja olemasolu – Toe pakkuja olemasolu on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

Skaleeritavus vs Pilvepõhise lahenduse võimalikkus – alamkriteeriumid on võrdselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 1.

Toe pakkuja olemasolu vs Pilvepõhise lahenduse võimalikkus – Toe pakkuja olemasolu on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

Administreerimise kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused Web-Hipre mudelis on toodud joonisel 12.



Joonis 12. Administreerimise kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused WEB-Hipre mudelis.

5.1.5 Kulude alamkriteeriumide võrdlus

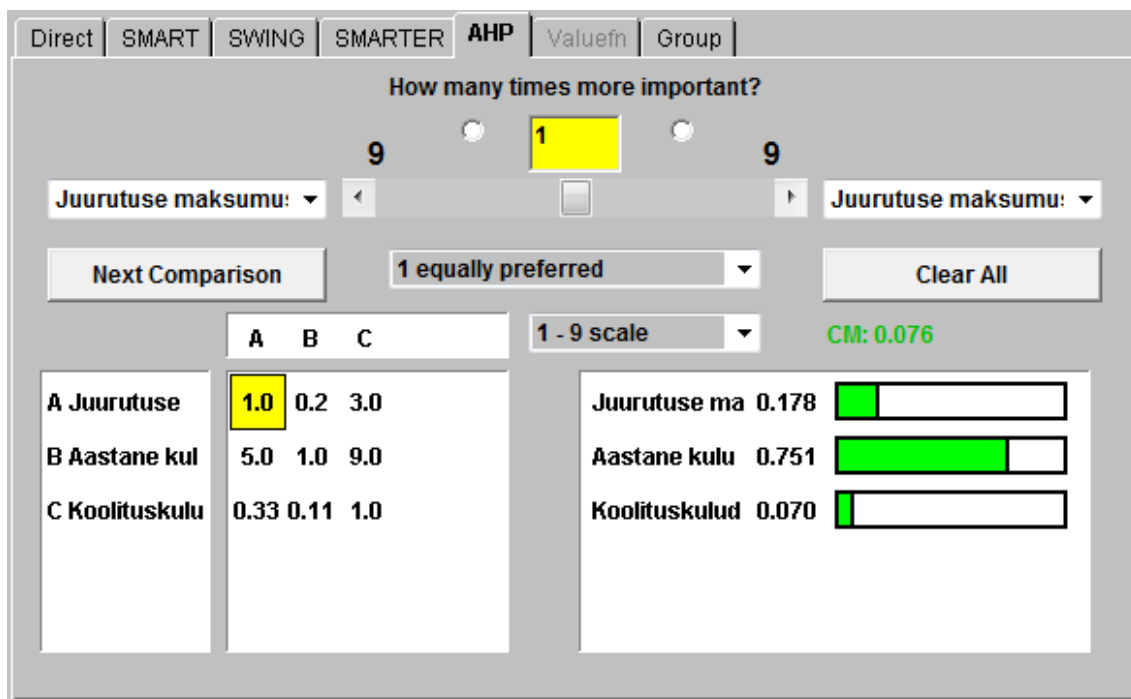
Kulude alamkriteeriumidele on antud järgnevad hinnangud:

Juurutuse maksumus vs Aastane ülalpidamiskulu – Aastane ülalpidamiskulu on oluliselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 5.

Juurutuse maksumus vs koolituskulud – Juurutuse maksumus on mõõdukalt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 3.

Aastane ülalpidamiskulu vs koolituskulud – Aastane ülalpidamiskulu on ekstreemselt eelistatud. Hinnang Saaty skaalal 9.

Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused Web-Hipre mudelis on toodud joonisel 13.



Joonis 13. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide eelistused WEB-Hipre mudelis.

5.1.6 Alternatiivid

Turul on sadu andmeida lahenduste pakkujaid ning tuhandeid võimalikke andmeida lahendusi [6]. Pakkujad teevad oma arendustesse järjest täiendusi, et minna kaasa turu nõudlusega ning püsida konkurentsivõimelised. Enamik tuntumaid lahendusi pakuvad võimalusi laadida andmeid erinevatest andmeallikatest, koostada ja salvestada keerulisi aruandeid ning andmeid visualiseerida. Kuna ettevõtte juhtkonna soov oli omada häid visualiseerimisvahendeid ning eelsalvestatud töölaudu, siis keskenduti lahenduste valikul pigem andmeida lahendustele, kus on olemas tõhusad kaasaegsed visualiseerimisvahendid.

Gartneri iga-aastases aruandes [14] eristuvad turuliidritena selgelt 3 tarkvara: Tableau, Microsoft Power BI ja Qlik (vt joonis 14). Ka teistes uuringutes nt [15] on nimetatud tarkvarad vähemalt esimese viie seas mainitud. Nimetatud tarkvarade lisamises otsustusmudelisse alternatiividena oli oluline ka asjaolu, et ettevõttesse oma lahendusi tutvustama kutsutud tarkvaraarendajad pakkusid oma esitlustes nimelt neid tarkvarasid.



Joonis 14. Gartneri BI ja analüüsilahenduste „Magic Quadrant“ [14]

5.2 Alternatiivide võrdlemine

Alternatiivide võrdlusandmed põhinevad autori kogemustel (hinnangute andmiseks installeeris autor oma arvutisse tarkvarade veebis kõigile kättesaadavad testversioonid [16], [17], [18]), ettevõttes läbiviidud tootesitlustel ning veebis kättesaadavatel ülevaadetel ja arvustustel.

Järgnevalt antakse ülevaade alternatiivide hindamisest alamkriteeriumide lõikes. Web HIPRE mudeli ekraanitõmmised alternatiivide võrdlemise kohta on toodud lisa 3.

5.2.1 Kasutajaliidese intuiitiivsus

Kasutajaliidese intuiitiivsuse osas ei ole ükski tarkvara selgelt parem. Tableau saab kerge eelistuse, nii autori hinnangul kui erinevate arvustuste andmetel on Tableaul kõige kasutajasõbralikum kasutajaliides.

Power BI vs Tableau – Tableau on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Power BI vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

Tableau vs Qlik – Tableau on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

5.2.2 Analüüsivahendite olemasolu

Arvustustes tuuakse välja, et Tableau on analüüsivahendite osas antud lahendustest parim, sisaldades erinevaid funktsioone (pivot table, drag and drop, drill down, built in calculations). Seetõttu saab Tableau selle alamkriteeriumi osas eelistuse.

Power BI vs Tableau – Tableau on oluliselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 5.

Power BI vs Qlik – Power BI on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Tableau vs Qlik – Tableau on tugevalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 7.

5.2.3 Päringute kasutamise võimalus

Päringute kasutamise osas on võrreldavad lahendused erinevad. Qlikil on päringute võimekus suur, edasijõudnud kasutajal on võimalik päringute abil koostada keerulisi aruandeid. Teistel tarkvaradel on rõhk asetatud visualiseerimisele ja erinevaid programmeerimiskeeli toetatakse kas vähe või mitte üldse.

Power BI vs Tableau – Tableau on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Power BI vs Qlik – Qlik on tugevalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 7.

Tableau vs Qlik – Qlik on oluliselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 5.

5.2.4 Visualiseerimisvõimalused

Visualiseerimise osas on Qlikil ja Tableaul eelis Power BI ees – mõlemad osas on ülevaadetes välja toodud nende kõrgel tasemel visualiseerimisvahendeid.

Power BI vs Tableau – Tableau on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Power BI vs Qlik – Qlik on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Tableau vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

5.2.5 Aruannete publitseerimise võimalused

Aruannete publitseerimise võimaluste poolest on tugevamal positsioonil Tableau ja Power BI – Qlikile on publitseerimiseks ja ajastatud aruannete genereerimiseks eraldi vaja juurde soetada NPrinting server.

Power BI vs Tableau – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

Power BI vs Qlik – Power BI on tugevalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 7.

Tableau vs Qlik – Tableau on tugevalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 7.

5.2.6 ETL funktsionaalsus

Nii Qlik'i kui Tableau kohta on ülevaadetes öeldud, et nende ETL vahendid on nõrgad. Power BI saab siin kerge paremuse.

Power BI vs Tableau – Power BI on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Power BI vs Qlik – Power BI on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Tableau vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

5.2.7 Kasutajaõiguste haldus

Kasutajaõiguste haldus on administreerimise seisukohast oluline, kuid võrdlevat analüüsi selle kriteeriumi osas on keeruline leida. Enne reaalselt kasutuselevõttu on kasutajaõiguste haldamist ka pea võimatu hinnata. Seetõttu saavad kõik valikud selle alamkriteeriumi osas võrdse eelistuse.

Power BI vs Tableau – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

Power BI vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

Tableau vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

5.2.8 Skaleeritavus

Skaleeritavus on problemaatiline Qlik'i puhul. Oma päringutel põhineva ülesehituse tõttu vajab lahendus suuremat mälumahtu ning ka nõudmised riistvarale on suuremad. Suuremate andmemahtude korral ei ole lahendus töökindel. Ka Tableau puhul on mõningaid puudujääke skaleeritavuse osas.

Power BI vs Tableau – Power BI on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

Power BI vs Qlik – Power BI on oluliselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 5.

Tableau vs Qlik – Tableau on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

5.2.9 Toe pakkuja olemasolu

Toe pakkuja olemasolu on oluline, et tagada arenduste jätkusuutlikkus. Eelistatud on olukord, kus arendustega saavad tegeleda mitmed arendusfirmad, et välistada sõltuvus ühest-kahest arendajast. Keeruline on hinnata firmade arvu ja võimekust erinevate lahenduste toetamisel – on firmasid, mis on spetsialiseerunud ühe andmeaida tarkvara arendus- ja hooldustöödele, kuid teisalt on firmad, kes suudavad toetada erinevaid

lahendusi. Seetõttu on hinnangute aluseks võetud tarkvarade ametlike partnerite arv Eestis, Lätis ja Poolas [19], [20], [21] (vt Tabel 3).

Tabel 3. Andmeaida tarkvarade ametlike partnerite arv Eestis, Rootsis ja Poolas.

Partnerite arv	Power BI	Tableau	Qlik
Eesti	35	1	3
Rootsi	66	5	24
Poola	40	4	13
Kokku	141	10	40

Power BI vs Tableau – Power BI on ekstreemselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 9.

Power BI vs Qlik – Power BI on tugevalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 7.

Tableau vs Qlik – Qlik on mõõdukalt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 3.

5.2.10 Pilvepõhise lahenduse võimalikkus

Uurimise käigus selgus, et kõikidel võrreldavatel tarkvaradel on pilvepõhise lahenduse võimalus olemas. Seetõttu saavad nad mudelis võrdse eelistuse.

Power BI vs Tableau – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

Power BI vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

Tableau vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

5.2.11 Juurutuse maksumus

Juurutuse maksumuse võrdlemisel loeti Saaty 9-palli skaalal hinnang võrdseks (väärtus 1), kui alternatiivide maksumused erinesid teineteisest 0-20% võrra, väärtuse 3 sai alternatiiv, kui ta oli võrreldavast maksumusest väiksem 21-40% võrra, väärtuse 5 sai alternatiiv, mis oli võrreldavast maksumusest väiksem 41-60% võrra, väärtuse 7 sai

alternatiiv, mis oli võrreldavast maksumusest väiksem 61-80% võrra ning kui maksumus oli võrreldavast maksumusest rohkem kui 80% väiksem, siis sai ta väärtuse 9. Juurutuse maksumused on hinnatud 10 *Power User* õigustes kasutaja ja 10 tavakasutaja korral. Nagu tabelist 4 selgub, siis algne investeering on Power BI puhul oluliselt väiksem kui teistel lahendustel (tabel 4).

Tabel 4. Andmeaida tarkvarade juurutuse maksumused (EUR).

	Power BI	Tableau	Qlik
10 Power User kasutaja litsentsi maksumus	1 200	19 990	12 250
10 tavakasutaja litsentsi maksumus	0	999	12 250
Nprinting serveri maksumus	0	0	9 250
Kokku (EUR)	1 200	20 989	33 750

Litsentside maksumusele lisandub arendamise maksumus, mis on arvutustest välja jäetud, kuna puuduvad arendajate ajahinnangud. Eeldatakse, et arenduse maksumus on kõikide tarkvarade puhul samas suurusjärgus.

Power BI vs Tableau – Power BI on ekstreemselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 9.

Power BI vs Qlik – Power BI on ekstreemselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 9.

Tableau vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

5.2.12 Aastane ülalpidamiskulu

Aastase ülalpidamiskulude teisendus Saaty skaalale toimub analoogselt juurutusmaksumusega. Aastased kulud on toodud tabelis 5.

Tabel 5. Andmeaida tarkvarade aastased kulud (EUR).

	Power BI	Tableau	Qlik
10 Power User kasutaja litsentsi maksumus alates 2. aastast	1 200	3 990	2 450
10 tavakasutaja litsentsi alates 2. aastast	0	1 990	2 450
Nprinting server (versioonikindlustus)	0	0	1 850
Kokku (EUR)	1 200	5 980	6 750

Power BI vs Tableau – Power BI on ekstreemselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 9.

Power BI vs Qlik – Power BI on ekstreemselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 9.

Tableau vs Qlik – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

5.2.13 Koolituskulud

Kõikide tarkvarade osas leidub veebis hulgaliselt õppevideoid, olemas on kasutajate kogukonnad, kus foorumi vormis saab erinevatele probleemidele lahendusi. Kuna Qlik'is kasutatakse päringuid, siis on seal õppimiskõver pikem, ning lahendus saab mudelis madalama eelistuse.

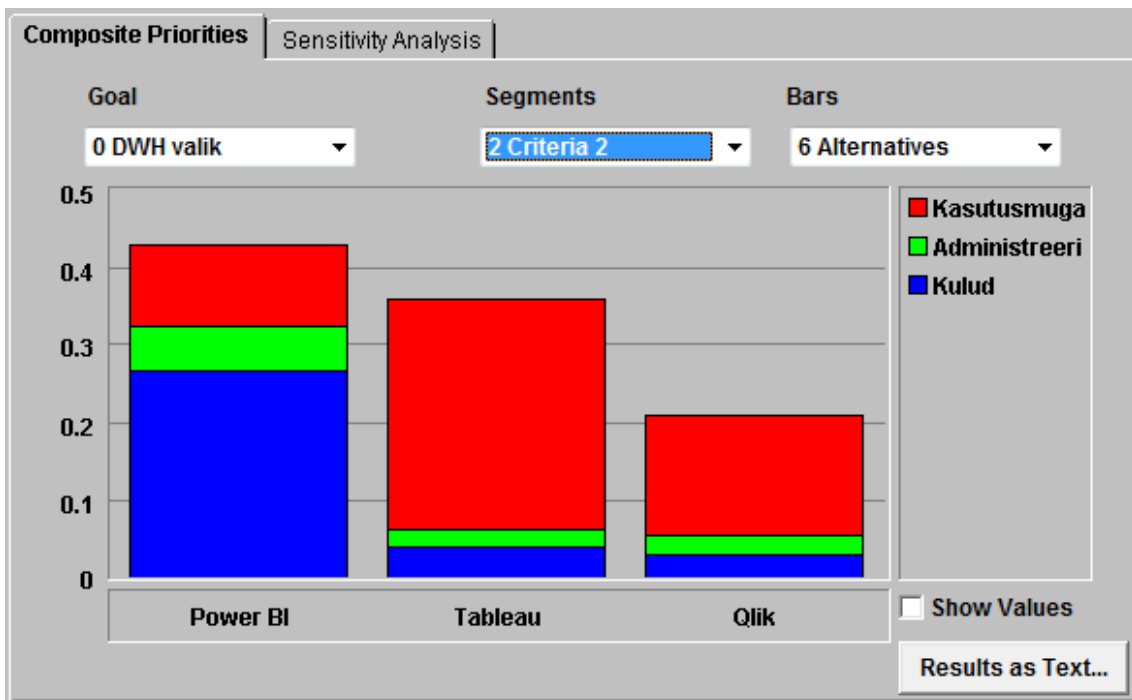
Power BI vs Tableau – tarkvarad on alamkriteeriumi osas võrdselt hinnatud. Väärtus Saaty skaalal 1.

Power BI vs Qlik – Power Bi on oluliselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 5.

Tableau vs Qlik – Tableau on oluliselt eelistatud. Väärtus Saaty skaalal 5.

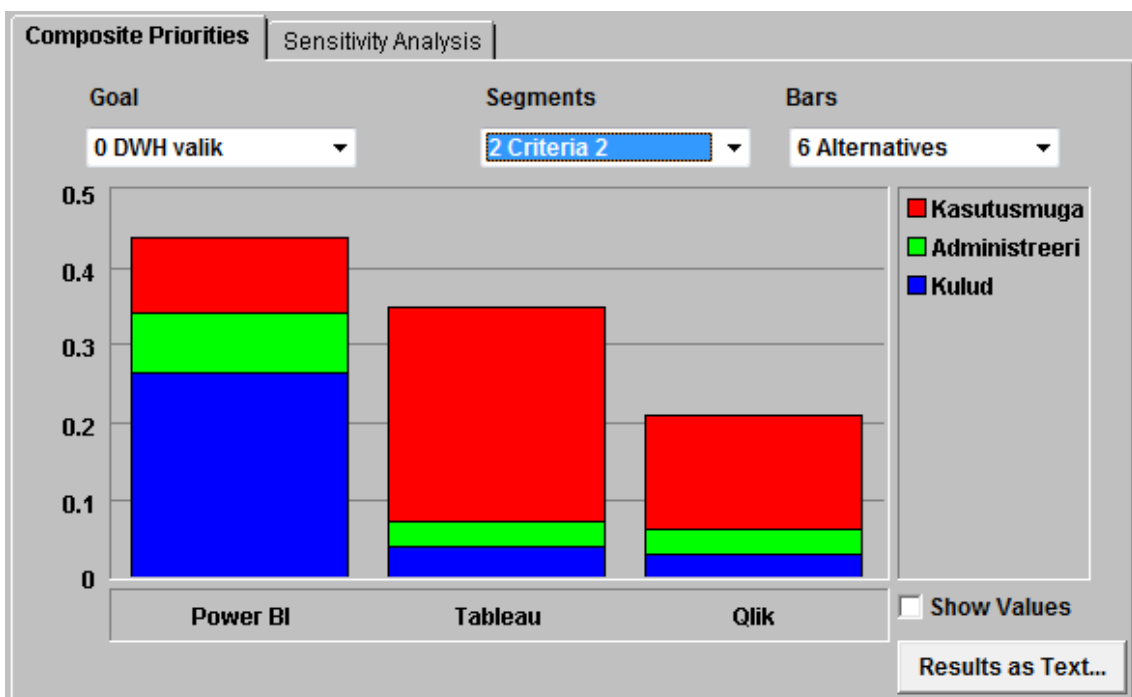
5.2.14 Lõpptulemus

Kui andmeida projekt piirdub tarkvara juurutamisega ainult ettevõttes HANZA Mechanics Tartu, siis tuleks valida Microsofti tarkvara Power BI (joonis 15). Seda eelkõige madalate kulude tõttu. Tableau on kõige rohkem hinnatud oma kasutusmugavuse tõttu. Administreerimise kriteeriumil on kõige väiksem osatähtsus – Power BI oleks saavutanud minimaalse paremuse Tableau ees ka ilma administreerimist arvesse võtmata.



Joonis 15. Lõpptulemus esimese stsenaariumi järgi.

Teise stsenaariumi järgi, ehk projekti laiendamisega grupi ettevõtetele, tuleks samuti valida Power BI (joonis 16). Sarnaselt esimese stsenaariumiga said siingi määravaks madalad kulud. Võrreldes esimese stsenaariumiga on siin administreerimisel suurem osakaal, kuid kogu valiku protsessis siiski ebaoluline.



Joonis 16. Lõpptulemus teise stsenaariumi järgi.

Kokkuvõtte lõpptulemustest ning erinevate kriteeriumide ja alamkriteeriumide osakaaludest otsustusmudelil on toodud tabelis 6. Tulemuste terviklik tekstiline väljund nii 1. kui 2. stsenaariumi järgi on toodud lisas 4.

Tabel 6. Otsustusmudeli lõpptulemused.

Alamkriteerium	Stsenaarium 1			Stsenaarium 2		
	Power BI	Tableau	Qlik	Power BI	Tableau	Qlik
Kasutajaliidese intuiitiivsus	0.0420	0.1270	0.0420	0.0400	0.1190	0.0400
Analüüsi vahendite olemasolu	0.0150	0.0600	0.0070	0.0150	0.0560	0.0060
Päringute kasutamise võimalus	0.0010	0.0030	0.0130	0.0010	0.0030	0.0130
Visualiseerimisvõimalused	0.0300	0.0910	0.0910	0.0280	0.0850	0.0850
Aruannete publitseerimise võimalused	0.0160	0.0160	0.0020	0.0150	0.0150	0.0020
Kasutusmugavus kokku	0.1040	0.2970	0.1550	0.0990	0.2780	0.1460
ETL funktsionaalsus	0.0320	0.0110	0.0110	0.0450	0.0150	0.0150
Kasutajaõiguste haldus	0.0090	0.0090	0.0090	0.0130	0.0130	0.0130
Skaleeritavus	0.0030	0.0010	0.0010	0.0050	0.0020	0.0010
Toe pakkuja olemasolu	0.0100	0.0010	0.0020	0.0130	0.0010	0.0020
Pilvepõhise lahenduse võimalikkus	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
Administreerimine kokku	0.0560	0.0240	0.0250	0.0780	0.0330	0.0330
Juurutuse maksumus	0.0490	0.0050	0.0050	0.0490	0.0050	0.0050
Aastane ülalpidamiskulu	0.2080	0.0230	0.0230	0.2050	0.0230	0.0230
Koolituskulud	0.0110	0.0110	0.0020	0.0110	0.0110	0.0020
Kulud kokku	0.2680	0.0390	0.0300	0.2650	0.0390	0.0300
Kokku	0.4280	0.3600	0.2100	0.4420	0.3500	0.2090

5.3 Tundlikkuse analüüs

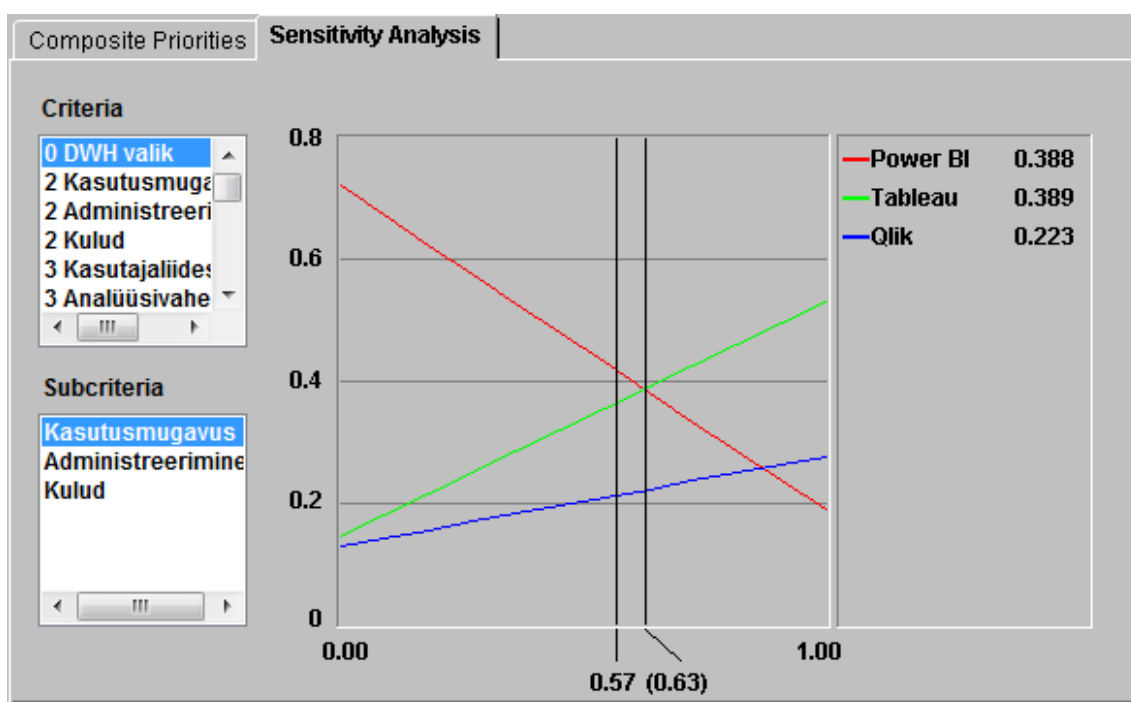
Tundlikkuse analüüs näitab, kas erinevate kriteeriumide (ja alamkriteeriumide) osakaalude muutmine otsustusmudelil muudaks alternatiivide järjestust tulemuses ning kui suur peaks olema muutus, et lõpptulemus muutuks. Ühtlasi analüüsitakse, kas alamkriteeriumide osakaalud otsustusmudelil on proportsionaalselt tõesed või esineb ala- või ülehindamisi.

5.3.1 Põhikriteeriumide tundlikkuse analüüs

Kriteeriumide tundlikkuse analüüsi teostamiseks on ekspertide hinnangutest grüpiotsuses leitud geomeetrised keskmised ning sisestatud need mudeli põhikriteeriumide otsesteks

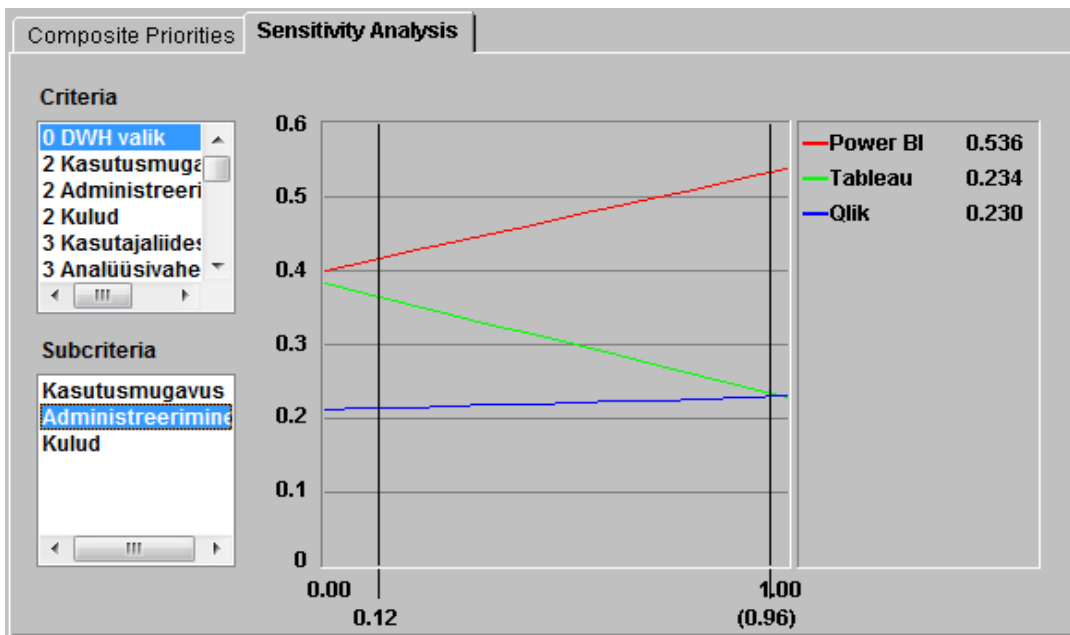
hinnanguteks. Sellisel moel on võimalik läbi viia tundlikkuse analüüs, mis arvestab kõigi ekspertide antud kaaludega.

Graafiku järgi muutub lõppjärjestus juhul, kui kasutusmugavuse kriteeriumi suurendada 0.57-lt 0.63-ni. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse enne muudatust on $0.57/(1-0.57)=1.33$. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse pärast muudatust on $0.63/(1-0.63)=1.70$. Kasutusmugavuse tähtsust teste kriteeriumide suhtes paarikaupa hinnangutes tuleb suurendada vähemalt $1.70/1.33=1.28$ korda (joonis 17).



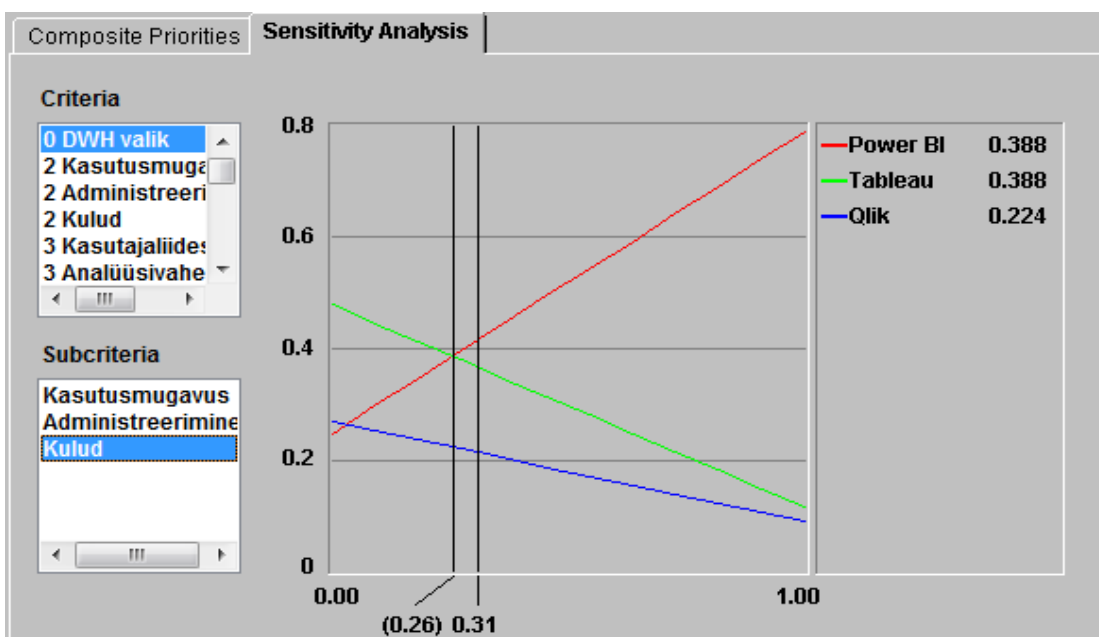
Joonis 17. Tundlikkuse graafik kasutusmugavuse põhikriteeriumi järgi.

Kui vaadelda administreerimise põhikriteeriumi tundlikkust, siis selgub, et selle kriteeriumi olulisuse muutmine lõppotsusele mõju ei avalda. Kui kriteeriumi olulisust suurendada 0.12-lt 0.96-ni, siis tuleks küll Qlik'i eelistada Tableau'le, kuid eelistatuimaks lahenduseks jääb endiselt Power BI. Samas ei ole nii suur kriteeriumi osakaalu muutus reaalne (joonis 18).



Joonis 18. Tundlikkuse graafik administreerimise põhikriteeriumi järgi.

Lõppjärjestus muutub, kui vähendada kulude kriteeriumi osatähtsust 0.31-lt 0.26-ni. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse enne muudatust on $0.31/(1-0.31)=0.45$. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse pärast muudatust on $0.26/(1-0.26)=0.35$. Kulude tähtsust teiste kriteeriumide suhtes paarikaupa hinnangutes tuleb vähendada vähemalt $0.45/0.35=1.28$ korda (joonis 19).



Joonis 19. Tundlikkuse graafik kulude põhikriteeriumi järgi.

Põhikriteeriumide tundlikkuse analüüsist selgub, et alternatiivide lõppjärjestust võivad muuta muutused kasutusmugavuse või kulude kriteeriumide osatähtsustes. Järjekorra muutmiseks tuleb vastavalt kasutusmugavuse osakaalu suurendada või kulude osakaalu vähendada 1.28 korda. Administreerimise olulisuse muutmise lõpptulemusele mõju ei avalda.

5.3.2 Alamkriteeriumide risttundlikkuse analüüs

Kaks kõige kõrgemalt hinnatud tarkvara – Power BI ja Tableau said kõige kõrgemad hinnangud vastavalt aastase ülalpidamiskulu kaalu ja kasutajaliidese intuiitiivsuse kaalu tõttu. Vt tabel 7.

Tabel 7. Alamkriteeriumide kaalud alternatiivide valikul.

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	Qlik
Kasutajaliidese intuiitiivsus	0.042	0.127	0.042
Analüüsivahendite olemasolu	0.015	0.06	0.007
Päringute kasutamise võimalus	0.001	0.003	0.013
Visualiseerimisvõimalused	0.03	0.091	0.091
ETL funktsionaalsus	0.032	0.011	0.011
Kasutajaõiguste haldus	0.009	0.009	0.009
Skaleeritavus	0.003	0.001	0.001
Toe pakkuja olemasolu	0.01	0.001	0.002
Juurutuse maksumus	0.049	0.005	0.005
Aastane ülalpidamiskulu	0.208	0.023	0.023
Koolituskulud	0.011	0.011	0.002
Aruannete publitseerimise võimalused	0.016	0.016	0.002
Pilvepõhise lahenduse võimalikkus	0.002	0.002	0.002
Kokku	0.43	0.36	0.21

Järgnevalt teostatakse ristanalüüs kahe kõige suuremat tähtsust omanud alakriteeriumi suhtes ja vaadeldakse, kas nende kaalud otsustusmudelil on õiglased.

Tabel 8. Suurima osakaaluga alamkriteeriumide ristanalüüs.

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	vahe
Kasutajaliidese intuiitiivsus	0.042	0.127	0.085
Aastane kulu	0.208	0.023	0.185

Tabelist 8 on näha, et erinevus kasutajaliidese intuiitiivsuse osas tarkvaradel Power BI ja Tableau on 0.085, erinevus aastase kulu osas on 0.185. Kahe alamkriteeriumi omavaheline suhe on $0.0185/0.85=2.18$ korda. Reaalne rahaline vahe nende tarkvarade aastases kulus on 3990 (Tableau) – 1200 (Power BI) = 2790 eurot (arvestatud on 10 Power User litsentsiga). Kasutajaliidese intuiitiivsuse erinevus teisendatuna hinnaskaalale on $2790/2.18= 1280$ eurot. Mis tähendab, et intuiitiivsema kasutajaliidese saaks valida arvestades 1280-eurose aastase lisakuluga (juhul, kui Power User õigustes kasutajate arv ei suurene - kasutajate lisandumisega see kulu tõuseb vastavalt).

Siinkohal oleks ettevõtte juhtkonnal võimalik analüüsida, kas 1280-eurone lisakulu aastas oleks mõistlik – sel juhul saaks valida intuiitiivsema kasutusliidese Tableau Power BI asemel. Otsustuskohad analüüsimiseks oleksid:

- Kas intuiitiivsema kasutusliidese tarkvara korral väheneks analüüsimiseks kuluv aeg;
- Kas oleks võimalik vähendada Power User õigustes kasutajate arvu;
- Kas oleks võimalik kokku hoida koolituskulude arvelt;
- Kas vähemintuiitiivne kasutajaliides põhjustab vigu analüüsis ning kui kulukad on tekkinud vead.

Et uurida, kas aastase ülalpidamiskulu alamkriteeriumi olulisus on mudelis õigesti hinnatud, on teostatud ristanalüüs aastase ülalpidamiskulu ja juurutusmaksumuse suhtes. Power BI ja Tableau juurutuse maksumuse vahe on $0.049-0.005=0.044$. Aastase maksumuse vahe on $0.208-0.023=0.185$. Alamkriteeriumide omavahelise suhte väärtuseks saame $0.185/0.044=4.2$ korda aastase kulu kasuks (tabel 9).

Tabel 9. Kulude alamkriteeriumite ristanalüüs.

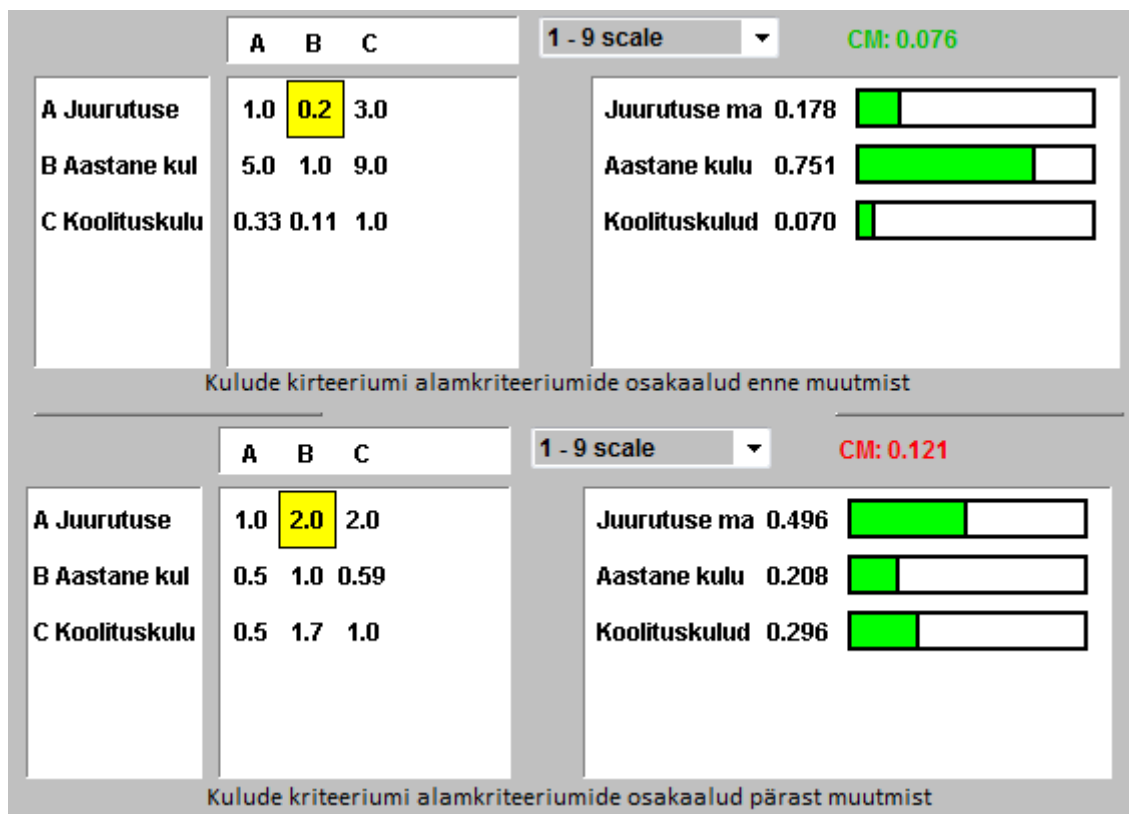
Alamkriteerium	Power BI	Tableau	vahe
Juurutuse maksumus	0.049	0.005	0.044
Aastane kulu	0.208	0.023	0.185

Kui reaalseid maksumusi võrrelda, siis Power BI juurutamine on 19 789 € odavam ning tema aastane kulu on 4 780 € soodsam. Maksumuste suhe $19789/4780=4.13$ korda juurutuse maksumuse kasuks (vt tabel 10), ehk lahendust peaks kasutama vähemalt 4.13 aastat, et alamkriteeriumite osakaal oleks võrdse tähtsusega. Et aga mudelis on aastase kulu osakaal hinnatud 4.2 korda kõrgemaks, siis tuleks lahendust kasutada tegelikult $4.13*4.2=17.4$ aastat, et alamkriteeriumide proportsioon oleks mudelis võrdne.

Tabel 10. Kulude rahaline võrdlus.

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	vahe
Juurutuse maksumus	1 200 €	20 989 €	19 789 €
Aastane kulu	1 200 €	5 980 €	4 780 €

Sarnase loogikaga saab leida, milline peaks olema erinevate kululiikide proportsioon mudelis, et Tableau ja Power BI saaksid lõpptulemuses võrdse eelistuse. Selgub, et võrdne eelistus saavutatakse, kui aastase kulu osakaalu vähendada ning juurutuse maksumuse ning koolituskulude osakaalusid suurendada (vt joonis 20).



Joonis 20. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide osakaalud enne ja pärast muutmist.

Kulude alamkriteeriumide osakaalude muutmise järel oleks Power BI ja Tableau juurutuse maksumuse vahe on $0.126-0.014=0.112$. Aastase maksumuse vahe oleks $0.053-0.006=0.047$. Alamkriteeriumide omavahelise suhte väärtuseks saame $0.047/0.112=0.42$ korda aastase kulu kasuks (tabel 11).

Tabel 11. Kulude alamkriteeriumide ristanalüüs pärast osakaalude muutmist.

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	vahe
Juurutuse maksumus	0.126	0.014	0.112
Aastane kulu	0.053	0.006	0.047

Kuna maksumuste suhe oli $19789/4780=4.13$ korda juurutuse maksumuse kasuks, siis Tableau ja Power BI saaksid võrdse eelistuse, kui plaaniksime tarkvara eeldatavaks kasutuseaks $0.42*4.13=1.73$ aastat.

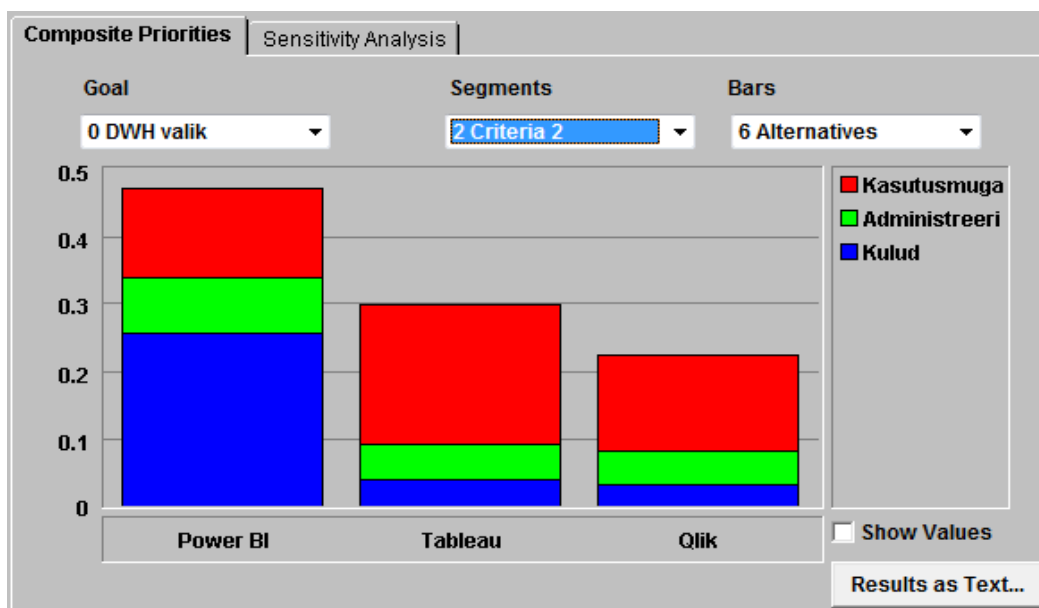
5.3.3 Tasakaalustatud skaalaga mudeli tundlikkuse analüüs

Et mudeli tõepärasust testida, on võimalik Web HIPRE's valida mudeli skaalaks tavapärase lineaarse (1 – 9) skaala asemel tasakaalustatud skaala (*Balanced Scale*). Lineaarne skaala eeldab, et kriteeriumid ja nende võrdlemisel antud subjektiivsed väärtused omavad lineaarset seost, kuid see ei pruugi nii olla [22]. Hämeläinen ja Salo toovad välja, et lineaarse skaala puhul on puuduseks vähene tundlikkus, kui võrreldakse kriteeriume, mille erinevus on minimaalne, seetõttu pakkusid nad välja oma tasakaalustatud skaala (*balanced scale*) [23]. Tasakaalustatud skaala väärtused on toodud tabelis 12.

Tabel 12. Lineaarne ja tasakaalustatud skaala.

Saaty lineaarne skaala	Tasakaalustatud skaala	Selgitus
1	1.00	võrdse tähtsusega (kaks kriteeriumit pole mõjus eristatavad)
2	1.22	
3	1.50	mõõdukas paremus (üks kriteerium on teisest eristatavam)
4	1.86	
5	2.33	oluline paremus (ühel kriteeriumil on teise suhtes tugev eelis)
6	3.00	
7	4.00	väga tugev paremus (kriteeriumil on teise kriteeriumi suhtes väga tugev eelis)
8	5.67	
9	9.00	ekstreemne paremus (tugevaim võimalik paremus või eelistus)

Tasakaalustatud skaalat kasutades väheneb paaritise võrdlushinnangu arvuline väärtus, kui alternatiivide erinevus on minimaalne, ning suureneb nende kriteeriumide osatähtsus, kus hinnangud on ekstreemsemad. Tasakaalustatud skaalat kasutades saab lõpptulemuses eelistuse Power BI. Eelistus võrreldes teiste lahendustega on suurem kui lineaarset skaalat kasutades, kuna kulude kriteerium (kriteerium, mille hinnangute osakaal Power BI paremuses on suurim) mõjutab siin lõpptulemusi rohkem. Seda seetõttu, et selle kriteeriumi hinnangutes olid vahed kõige suuremad. Otsustusmodeli lõpptulemus tasakaalustatud skaala korral on toodud joonisel 21.



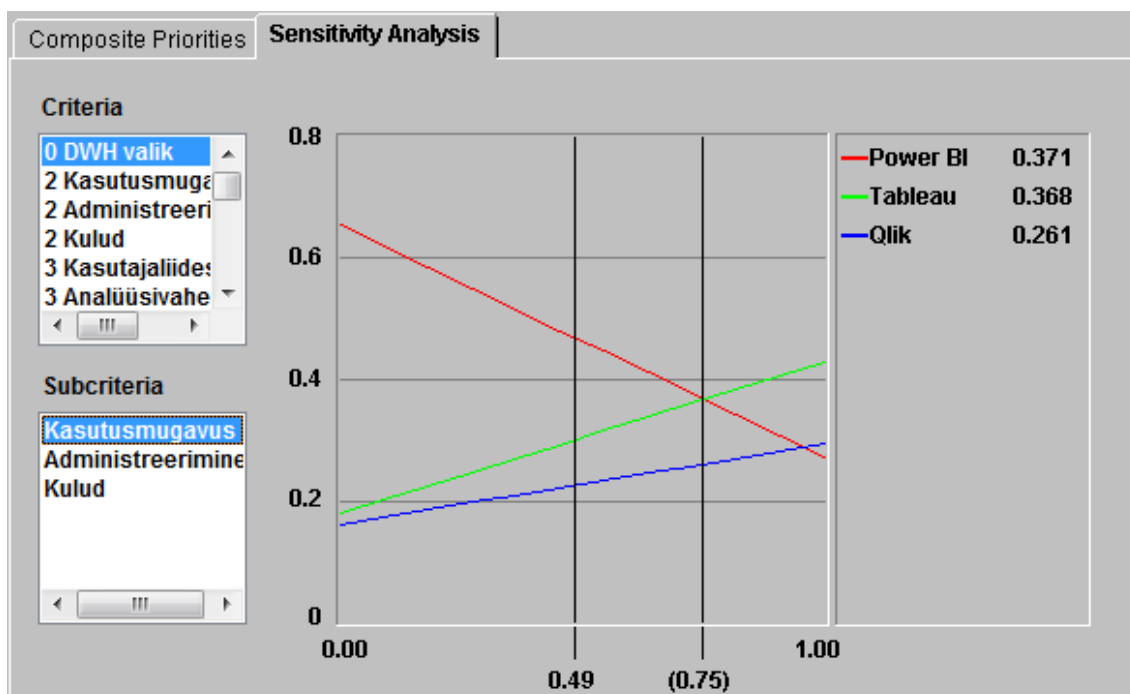
Joonis 21. Otsustusmodeli tulemused tasakaalustatud skaala korral.

Lineaarse ja tasakaalustatud skaala tulemuste võrdlus on toodud tabelis 13. Power BI kaal on suurenenud 0.428-lt 0.471-le ehk 4.3 protsendipunkti võrra, samas kui Tableau kaal on vähenenud 5.8 protsendipunkti võrra.

Tabel 13. Tulemused lineaarse ja tasakaalustatud skaala korral.

Kriteerium	Tasakaalustatud skaala			Lineaarne skaala		
	Power BI	Tableau	Qlik	Power BI	Tableau	Qlik
Kasutusmugavus	0.133	0.209	0.143	0.104	0.297	0.155
Administreerimine	0.086	0.052	0.052	0.056	0.024	0.025
Kulud	0.252	0.040	0.032	0.268	0.039	0.030
Kokku	0.471	0.302	0.227	0.428	0.360	0.210

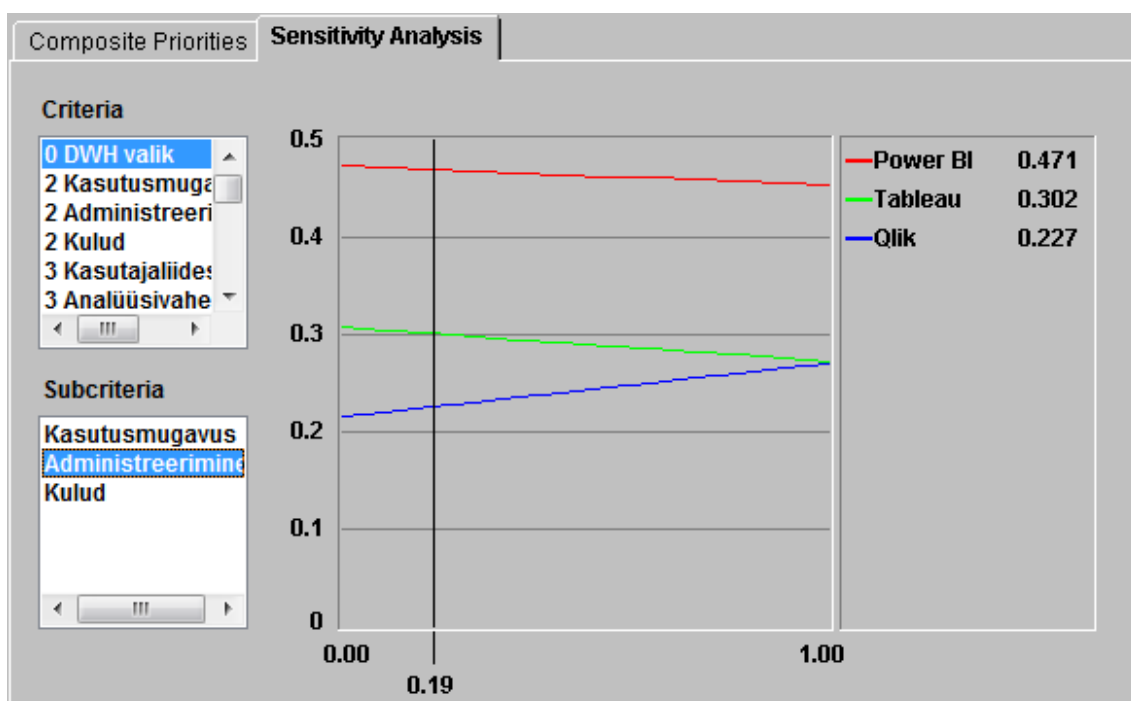
Teostati ka põhikriteeriumide tundlikkuse analüüs tasakaalustatud skaala korral. Tulemused olid oodatavad – et alternatiivide lõppjärjestust muuta, tuleb tasakaalustatud skaala korral kriteeriumide osakaalusid muuta mõnevõrra rohkem kui lineaarse skaala korral.



Joonis 22. Tundlikkuse graafik kasutusmugavuse põhikriteeriumi järgi (tasakaalustatud skaala).

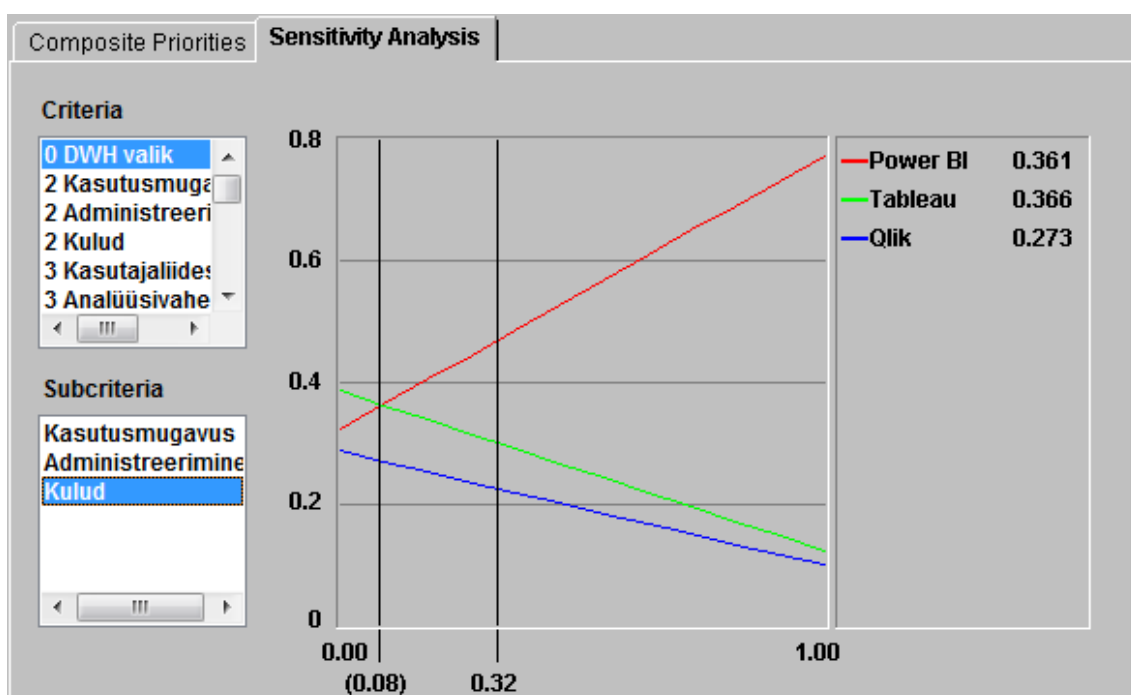
Graafiku järgi muutub lõppjärjestus juhul, kui kasutusmugavuse kriteeriumi suurendada 0.49-lt 0.75-ni (joonis 22). Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse enne muudatust on $0.49/(1-0.49)=0.96$. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse pärast muudatust on $0.75/(1-0.75)=3.00$. Kasutusmugavuse tähtsust teste kriteeriumide suhtes paarikaupa hinnangutes tuleb suurendada vähemalt $3.00/0.96=3.12$ korda. Võrdluseks - lineaarse skaala korral oli vaja tulemuste muutmiseks kasutusmugavuse tähtsust suurendada ainult 1.28 korda.

Administreerimise kriteeriumi osakaal mudelis on küll tasakaalustatud skaala korral suurenenud, aga tundlikkuse analüüs näitab, et selle kriteeriumi osakaalu muutmine lõpptulemusele mõju ei avalda (joonis 23).



Joonis 23. Tundlikkuse graafik administreerimise põhikriteeriumi järgi (tasakaalustatud skaala).

Lõppjärjestus muutub, kui vähendada kulude kriteeriumi osatähtsust 0.321-lt 0.08-ni. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse enne muudatust on $0.32/(1-0.32)=0.47$. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse pärast muudatust on $0.08/(1-0.08)=0.09$. Kulude tähtsust teiste kriteeriumide suhtes paarikaupa hinnangutes tuleb vähendada vähemalt $0.47/0.09=5.41$ korda. Lineaarse skaala korral pidi muutus olema ainult 1.28 korda, et tulemused muutuksid.



Joonis 24. Tundlikkuse graafik kulude põhikriteeriumi järgi (tasakaalustatud skaala).

Ka tasakaalustatud skaala korral said kaks kõige kõrgemalt hinnatud tarkvara – Power BI ja Tableau kõige kõrgemad hinnangud vastavalt aastase ülalpidamiskulu kaalu ja kasutusliidese intuitiivsuse kaalu tõttu (vt tabel 14).

Tabel 14. Alamkriteeriumide kaalud alternatiivide valikul (tasakaalustatud skaala).

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	Qlik
Kasutajaliidese intuitiivsus	0.048	0.072	0.048
Analüüsivahendite olemasolu	0.021	0.05	0.013
Päringute kasutamise võimalus	0.004	0.006	0.015
Visualiseerimisvõimalused	0.042	0.063	0.063
ETL funktsionaalsus	0.034	0.023	0.023
Kasutajaõiguste haldus	0.015	0.015	0.015
Skaleeritavus	0.009	0.005	0.003
Toe pakkuja olemasolu	0.02	0.003	0.004
Juurutuse maksumus	0.058	0.006	0.006
Aastane ülalpidamiskulu	0.184	0.02	0.02
Koolituskulud	0.014	0.014	0.006
Aruannete publitseerimise võimalused	0.019	0.019	0.005
Pilvepõhise lahenduse võimalikkus	0.005	0.005	0.005
Kokku	0.473	0.301	0.226

Kui uurida suurima osakaaluga alamkriteeriumide risttundlikkust, siis erinevus kasutajaliidese intuiitiivsuse osas tarkvaradel Power BI ja Tableau on 0.024, erinevus aastase kulu osas on 0.164 (tabel 15). Kahe alamkriteeriumi omavaheline suhe on $0.164/0.024=6.83$ korda. Reaalne rahaline vahe nende tarkvarade aastases kulus on 3990 (Tableau) – 1200 (Power BI) = 2790 eurot (arvestatud on 10 Power User litsentsiga). Kasutajaliidese intuiitiivsuse erinevus teisendatuna hinnaskaalale on $2790/6.83=408$ eurot. Mis tähendab, et intuiitiivsema kasutajaliidese saaks valida arvestades 408-eurose aastase lisakuluga.

Tabel 15. Risttundlikkuse analüüs (tasakaalustatud skaala).

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	vahe
Kasutajaliidese intuiitiivsus	0.048	0.072	0.024
Aastane kulu	0.184	0.02	0.164

Kui võrrelda kulude kriteeriumi kahte suurema kaaluga alakriteeriumit, siis Power BI ja Tableau juurutuse maksumuse vahe on $0.058-0.006=0.052$. Aastase maksumuse vahe on $0.184-0.020=0.164$. Alamkriteeriumide omavahelise suhte väärtuseks saame $0.164/0.052=3.15$ korda aastase kulu kasuks (tabel 16).

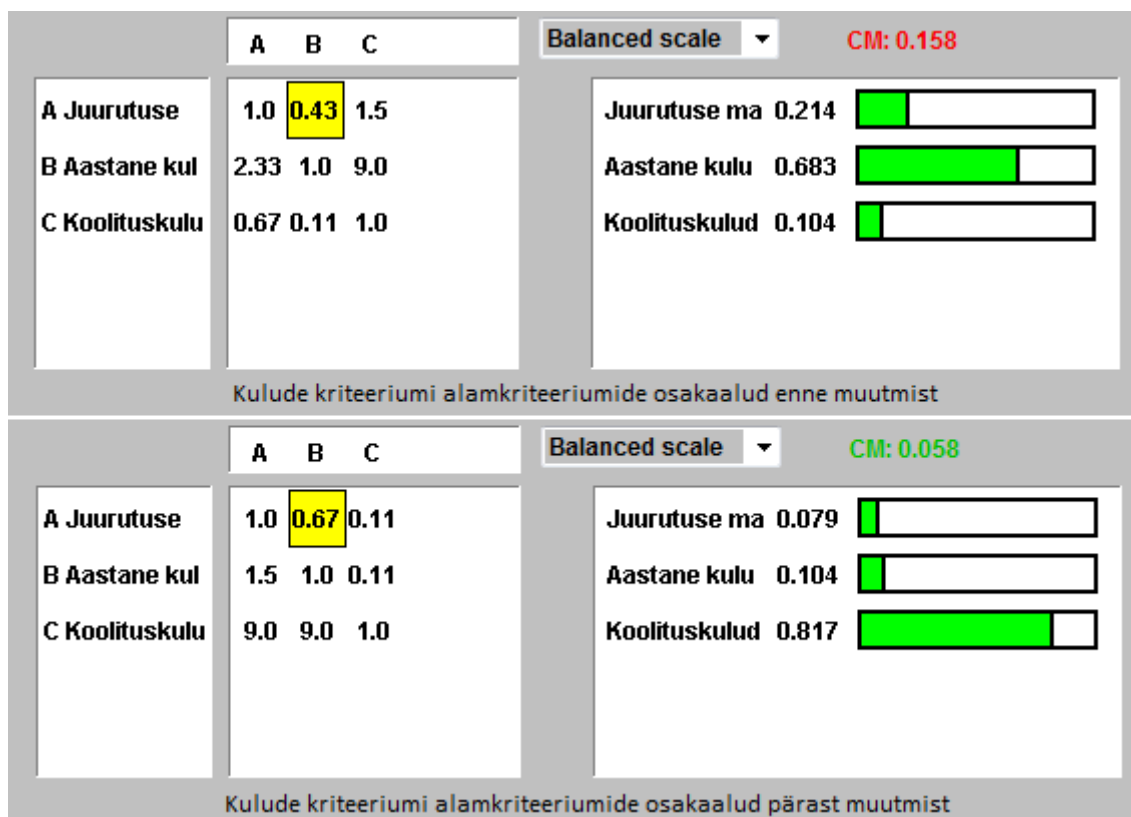
Tabel 16. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide risttundlikkus (tasakaalustatud skaala).

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	vahe
Juurutuse maksumus	0.058	0.006	0.052
Aastane kulu	0.184	0.020	0.164

Eelnevast analüüsist selgus, et juurutuse maksumuse ja aastase kulu suhe on 4.13 korda (tabel 10) ehk lahendust peaks kasutama vähemalt 4.13 aastat, et alamkriteeriumite osakaal oleks võrdse tähtsusega. Et tasakaalustatud skaalaga mudelis on aastase kulu osakaal hinnatud 3.15 korda kõrgemaks, siis tuleks lahendust kasutada tegelikult $4.13*3.15=13$ aastat, et alamkriteeriumide proportsioon oleks mudelis võrdne.

Sarnaselt lineaarse skaala analüüsiga on ka tasakaalustatud skaala korral uuritud, kuidas peaks kulude alamkriteeriumide osakaalusid otsustusmudelis muutma, et lõpptulemusena

langeks eelistus Tableau'le, mitte Power BI-le. Ilmneb, et oluliselt peaks vähenema aastase kulu osakaal ning selle arvelt suurenema koolituskulude osakaal (joonis 25).



Joonis 25. Kulude kriteeriumi alamkriteeriumide osakaalud enne ja pärast muutmist (tasakaalustatud skaala).

Kulude alamkriteeriumide osakaalude muutmise järel oleks Power BI ja Tableau juurutuse maksumuse vahe on $0.021 - 0.002 = 0.019$. Aastase maksumuse vahe oleks $0.028 - 0.003 = 0.025$. Alamkriteeriumide omavahelise suhte väärtuseks saame $0.025 / 0.019 = 1.32$ korda aastase kulu kasuks (tabel 17).

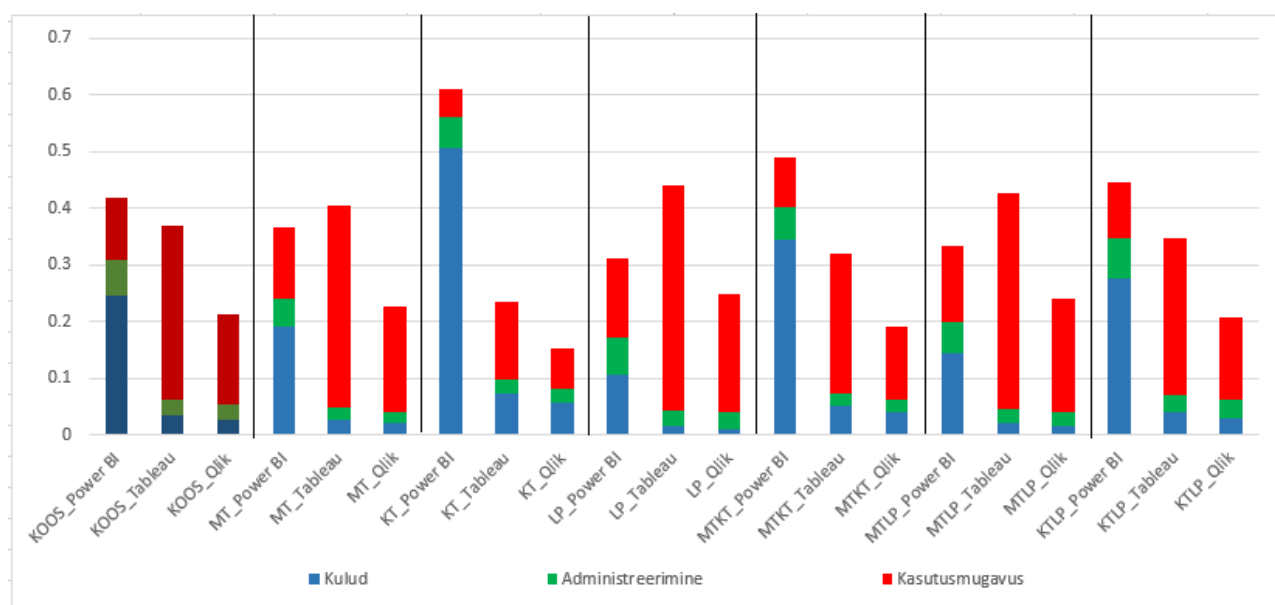
Tabel 17. Kulude alamkriteeriumide ristanalüüs pärast kaalude muutmist (tasakaalustatud skaala).

Alamkriteerium	Power BI	Tableau	vahe
Juurutuse maksumus	0.021	0.002	0.019
Aastane kulu	0.028	0.003	0.025

Kuna maksumuste suhe oli 4.13 korda juurutuse maksumuse kasuks, siis Tableau ja Power BI saaksid võrdse eelistuse, kui plaaniksime tarkvara eeldatavaks kasutuseaks $1.32 \cdot 4.13 = 5.43$ aastat.

5.3.4 Ekspertide tundlikkuse analüüs

Hindamaks, kas lõpptulemus muutub, kui kaasata ainult ühe või osade ekspertide arvamusi, vaadeldi, milline oleks lõpptulemus, kui ekspertide hinnanguid ühe- või paarikaupa mudelist välja jätta.

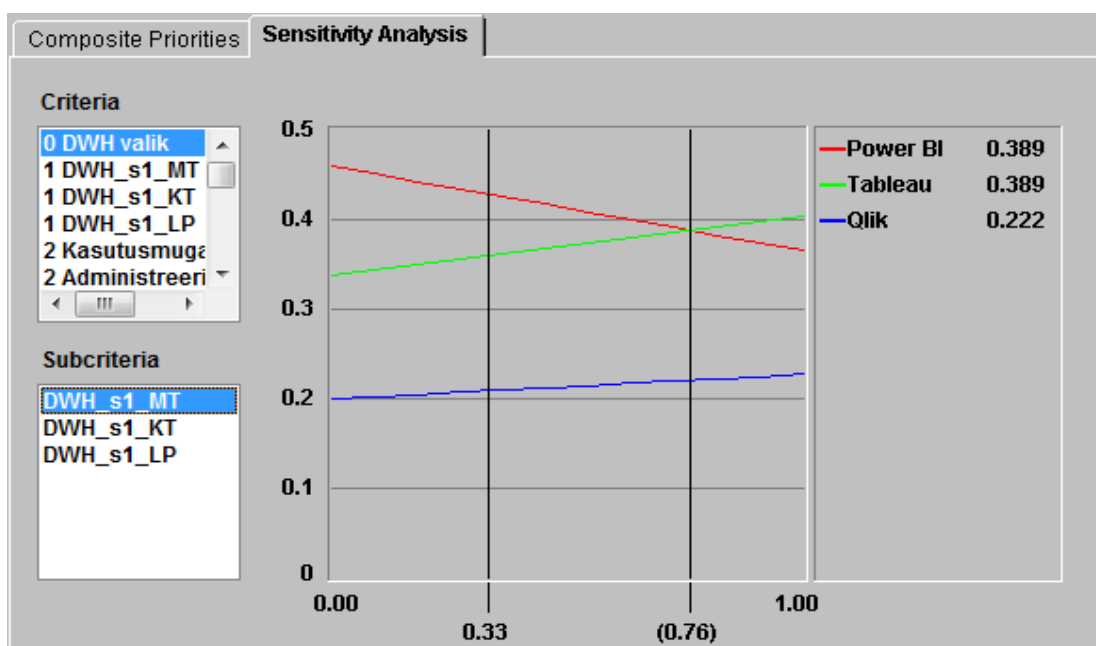


Joonis 26. Ekspertide hinnangud.

Joonisel 26 on toodud ekspertide hinnangud koos, eraldi ja paarikaupa. Tulpades, mille nimetus algab 'KOOS_', on tulemused, kuhu on kaasatud kõikide ekspertide hinnangud, tulpades, mille nimetustes on ühe eksperdi initsiaalid, on ainult ühe konkreetse eksperdi hinnangud, järgnevad tulbad sisaldavad erinevate ekspertide hinnangute kombinatsioone (tulbad, mille nimetuses on kahe eksperdi initsiaalid). Selgub, et mitte ühegi kombinatsiooni korral ei osutu parimaks tarkvaraks Qlik, samas neljal juhul seitsmest eelistatakse Tableau'd. Ilmneb, et Power BI eelistus lõpptulemustes tuleneb sellest, et üks ekspert (KT) on andnud kulude kriteeriumile suure kaalu. Kõikides mudelites, kus selle eksperdi arvamusega on arvestatud, on eelistatuimaks tarkvaraks osutunud Power BI.

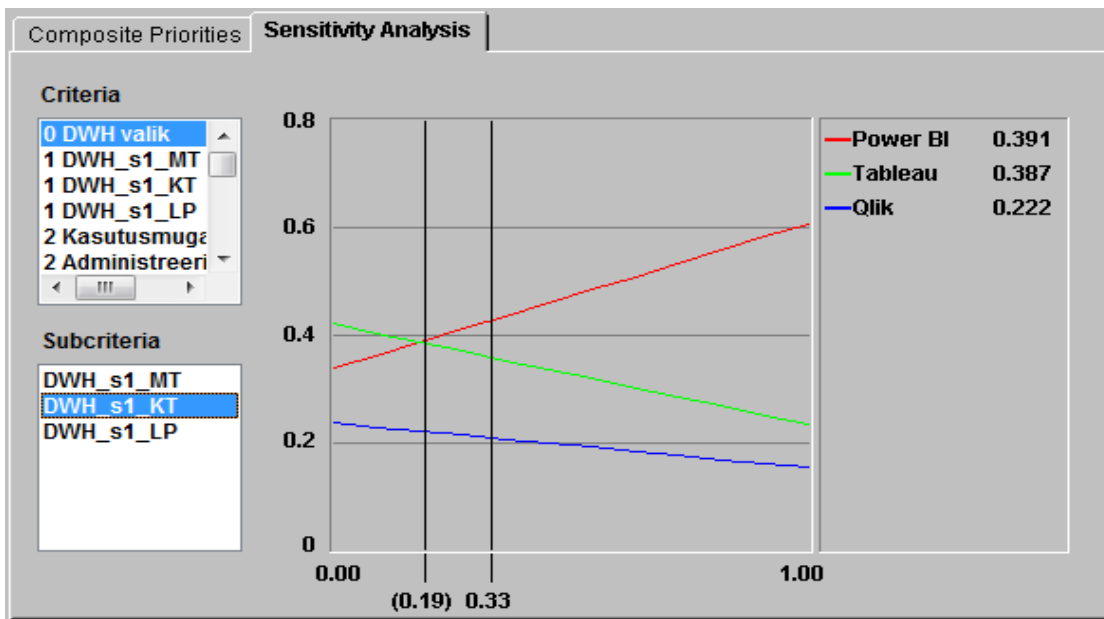
Et vaadelda, kuid võrd erinevate ekspertide otsuste olulisuse muutmine mudelis mõjutab lõpptulemust, on teostatud ekspertide tundlikkuse analüüs.

Graafiku järgi muutub lõppjärjestus juhul, kui esimese eksperdi (MT) hinnangu osakaalu mudelis suurendada 0.33-ilt 0.76-ni (joonis 26). Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse enne muudatust on $0.33/(1-0.33)=0.49$. Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse pärast muudatust on $0.75/(1-0.75)=3.17$. Esimese eksperdi hinnangut otsustusmudelis tuleb suurendada vähemalt $3.17/0.49=6.43$ korda, et lõpptulemus muutuks.



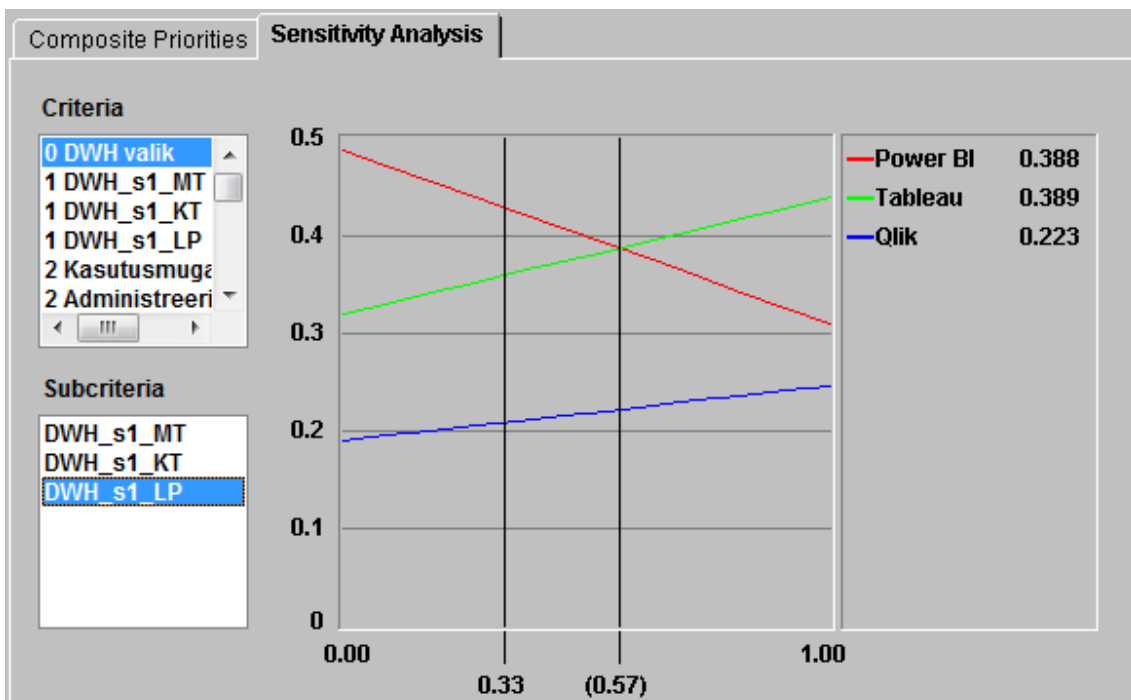
Joonis 27. Tundlikkuse graafik – 1. eksperdi osakaal.

Kuna kõikide ekspertide hinnangud on algselt mudelis võrdse kaaluga, siis ka teise eksperdi (KT) hinnangute kaalu suhe ülejäänud kaaludesse on $0.33/(1-0.33)=0.49$. Et lõppjärjestus muutuks, tuleb teise eksperdi osakaalu mudelis vähendada 0.19-ni (joonis 27). Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse pärast muudatust on $0.19/(1-0.19)=0.23$. Teise eksperdi hinnangut otsustusmudelis tuleb vähendada vähemalt $0.49/0.23=2.01$ korda, et lõpptulemus muutuks.



Joonis 28. Tundlikkuse graafik – 2. eksperdi osakaal.

Et lõpptulemust muuta, tuleb kolmanda eksperdi otsustuste osakaalu mudelis suurendada 0.57-ni (joonis 28). Kaalu suhe ülejäänud kaaludesse pärast muudatust oleks $0.57/(1-0.57)=1.33$. Kolmanda eksperdi hinnangut otsustusmudelis tuleb suurendada vähemalt $0.57/0.33=2.69$ korda, et lõpptulemus muutuks.



Joonis 29. Tundlikkuse graafik – 3. eksperdi osakaal.

Ekspertide tundlikkuse analüüsisist selgub, et kui suurendada või vähendada ekspertide hinnangute osakaalu grupiotsuses, siis võib otsustusmodeli lõpptulemus olla teistsugune. Erinevate otsustajate hinnangud nii täiendavad üksteist kui ka konkureerivad omavahel ning ekspertide kaasamine otsustusmudelisse muutis tulemuse ülevaatlikumaks ja realistlikumaks võrreldes olukorraga, kus kasutatakse ainult ühe isiku hinnanguid.

Kui otsustusmodeli tulemusi analüüsisid tekib kahtlus, et eksperdid konkureerivad omavahel ning seetõttu esitavad strateegiliselt võimendatud hinnanguid, on alternatiivseks lähenemiseks kas hääletusmeetodi kasutamine või Kemeny-Snelli mediaanjärjestuse arvutamine. Kui selliselt on ekspertide antud kaalude pealt koondparemusjärjestus, saab seda teisendada Saaty skaalale tagasi näiteks kasutades Frey ja Harker'i meetodit [24]

6 Kokkuvõte

Magistritöö põhieesmärk oli pakkuda ettevõttele HANZA Mechanics Tartu välja sobivaim andmeaida lahendus. Ettevõtte soov oma aruandlussüsteemi kaasajastamiseks on tingitud sellest, et tihti on igapäevatööks vajalike aruannete operatiivsüsteemidest kättesaamine võimatu või võtab see ebamõistlikult palju aega. Andmeaida arendamine on ettevõtte jaoks suur investeering ja põhimõtteline otsus. Turul on palju erinevaid arendusfirmasid ja erineva funktsionaalsusega lahendusi. Seetõttu on sobiva lahenduse valiku protsess oluline osa andmeaida arendusprojektist.

Põhieesmärgi saavutamiseks püstitati kolm alameesmärki:

1. Selgitada välja kasutajagrupid, kes hakkavad aruandlus- ja analüüsivahendeid kasutama;
2. Panna kirja kasutajate aruandlusvajadused ja nõuded süsteemile;
3. Analüüsida erinevaid turul pakutavaid andmeidalahendusi ning pakkuda välja ettevõttele sobivaim.

Esmalt kaaluti kolme lahendusvariandi olemasoleva aruandlussüsteemi arendamiseks kujule, mis rahuldaks kasutajate vajadusi:

1. Olemasoleva süsteemiga jätkamine, tellides IT osakonnalt lisaarendusi andmebaasivaadetes ja jätkates andmete töötlemisega Excelis.
2. Lisaarenduste tegemine ERP-süsteemi sisesesse BI lahendusse, mis oma praegusel kujul ei ole laialdast kasutust leidnud.
3. Juurutada täiesti uus lahendus, soetades andmelao tarkvara ning arendades kogu vajalik aruandlus sinna.

Intervjuude käigus, mis viidi läbi kõikide kasutajagruppide esindajatega, selgusid ranged kriteeriumid aruandlussüsteemile, mille põhjal sai välistada kaks esimest lahendusvarianti. Lahendused ei vastanud kriteeriumidele eelkõige seetõttu, et neis puudusid vajalikud analüüsivahendid ning aruanded ei oleks omavahel seotud. Andmelao lahenduse arendamine toob kaasa küll arenduskulud kui kulud uue tarkvara

soetamisel. Kuid see tähendaks ka aruannete omavahelist seotust ning sisse ehitatud analüüsivahendeid. Väheneksid eksimisvõimalused ja ajakulu aruannete koostamisel.

Sobiv andmeaida tarkvara valiti kasutades Saaty hierarhilise analüüsi meetodit (AHP), võrreldes kolme turuliidri andmeaida lahenduste omadusi. Saaty meetodika sobib eesmärgi saavutamiseks, kuna saab võrrelda nii kvantitatiivseid kui kvalitatiivseid kriteeriume. Saaty otsustusmodeli põhikriteeriumideks valiti järgmised otsustuskriteeriumid:

1. Kasutusmugavus;
2. Administreerimine;
3. Kulud.

Põhikriteeriumide osatähtsuse määramiseks kasutati grupiotsust, kus ekspertideks olid IT osakonna töötajad. Igale põhikriteeriumile määrati olulised alamkriteeriumid, mida võrreldi omavahel paarides. Võrdlemise tulemusena koostati võrdlusmaatriksid. Seejärel toimus alternatiivide hindamine Saaty suhteskaala ja järgi.

Analüüsiti kahte erinevat stsenaariumit – lahenduse juurutamine ainult ettevõttes HANZA Mechanics Tartu ja lahenduse juurutuse laiendamine HANZA grupi ettevõtetele. Mõlema stsenaariumi korral valiti parimaks lahenduseks Power BI, mis sai Tableau ja Qlik'i ees eelistuse, kuna lahendusega kaasnevad kulud (kriteerium, mille osas Power BI oli konkurentidest selgelt eelistatum) omas otsustusmodelis suurt osakaalu. Samas ei olnud Power BI edu Tableau ees suur.

Tulemuste kontrollimiseks viidi läbi tundlikkuse analüüs. Analüüsiti nii põhikriteeriumide tundlikkust, suurima osatähtsusega alamkriteeriumide tundlikkust kui ekspertide hinnangute tundlikkust. Samuti uuriti, kas lõpptulemus muutub, kui Saaty lineaarse skaala asemel kasutada otsustusmodelis tasakaalustatud skaalat.

Kasutatud kirjandus

- [1] R. Kimball ja M. Ross, The Data Warehouse Toolkit. The Complete Guide to Dimensional Modeling, New York: Wiley Computer Publishing, 2002.
- [2] H.-Y. Lin ja P.-Y. Hsu, „Data Warehouse System Selection Decisions: a Comparative Study of Two,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://gebr.nccu.edu.tw/proceedings/APDSI/2005/SessionIndex/Enterprise%20Systems%20and%20Applications%203/Enterprise%20Systems%20and%20Applications-33.pdf>. [Kasutatud 23 01 2017].
- [3] R. Kimball, The Data Warehouse Lifecycle Toolkit, 2008.
- [4] Kimball Group, „Kimball DW/BI Lifecycle Methodology,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.kimballgroup.com/data-warehouse-business-intelligence-resources/kimball-techniques/dw-bi-lifecycle-method/>. [Kasutatud 17 03 2017].
- [5] W. H. Inmon, J. Welch ja K. L. Glassey, Managing the Data Warehouse, New York, 1997.
- [6] P. Ponniah, Data Warehousing Fundamentals: A Comprehensive Guide for IT Professionals, New York: John Wiley & Sons Inc, 2001.
- [7] T. L. Saaty, „Decision making with analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences, No 1,“ 2008. [Online]. Available: http://www.colorado.edu/geography/leyk/geog_5113/readings/saaty_2008.pdf. [Accessed 21 01 2017].
- [8] „HANZA Mechanics Tartu dokumendihaldussüsteem“.
- [9] „Monitor Software,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://monitor.se/>. [Kasutatud 17 03 2017].
- [10] W. H. Inmon, Building the Data Warehouse, Fourth Edition, Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2005.
- [11] T. L. Saaty, Theory and Applications of the Analytic Network Process, Pittsburgh: RWS Publications, 2005.
- [12] T. L. Saaty ja E. H. Forman, The Hierarchon. A Dictionary or Hierarchies, Pittsburgh: RWS Publications, 2003.
- [13] „WebHipre,“ Aalto University, [Võrgumaterjal]. Available: <http://hipre.aalto.fi/WebHipre.html>.
- [14] „Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms,“ 16 Febr 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.gartner.com/doc/3611117/magic-quadrant-business-intelligence-analytics>. [Kasutatud 01 March 2017].
- [15] „IT Central Station,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.itcentralstation.com/landing/report-business-intelligence-tools>. [Kasutatud 09 April 2017].
- [16] „link Tableau trial versiooni allalaadimiseks,“ [Võrgumaterjal].

- Available: <https://www.tableau.com/products/trial>.
- [17] „link QlikSense allalaadimiseks,“ [Võrgumaterjal].
Available: <http://www.qlik.com/us/try-or-buy/download-qlik-sense>.
- [18] „link Power BI allalaadimiseks,“ [Võrgumaterjal].
Available: <https://powerbi.microsoft.com/en-us/get-started/>.
- [19] „Tableau Partners,“ [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.tableau.com/partners>. [Kasutatud 21 April 2017].
- [20] „Qlik Partners,“ [Võrgumaterjal].
Available: <http://www.qlik.com/us/partners/partner-programs/qlik-partners>.
[Kasutatud 21 April 2017].
- [21] „Power BI Partners,“ [Võrgumaterjal].
Available: <https://powerbi.microsoft.com/en-us/partners/>. [Kasutatud 21 April 2017].
- [22] A. A. S. a. R. P. Hämäläinen, „On the Measurement of Preferences in the Analytic Hierarchy Process,“ *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, kd. 6, pp. 309-319, 1997.
- [23] A. K. Jiri Franek, „Judgement scales and consistency measure in AHP,“ *Procedia Economics and Finance*, kd. 12, pp. 164-173, 2014.
- [24] P. T. H. Frances X. Frei, „Measuring aggregate process performance using AHP,“ *European Journal of Operational Research*, kd. 116, pp. 436-442, 1999.
- [25] L. S. Sterling, *The Art of Agent-Oriented Modeling*, London: The MIT Press, 2009.
- [26] C. S. Mullins, „Evaluating your need for a data warehouse platform,“ [Online].
Available: <http://searchdatamanagement.techtarget.com/feature/Evaluating-your-need-for-a-data-warehouse-platform>.
- [27] H.-Y. Lin ja P.-Y. Hsu, „Application of the Analytic Hierarchy Process on Data Warehouse System Selection Decisions for small and Large Enterprises in Taiwan,“ [Võrgumaterjal].
Available:
http://www.ijcim.th.org/past_editions/2007V15N3/IJCIM%20Vol_15_no_3_p73-93-Application_of_the_analytic_hierarchy_process.pdf. [Kasutatud 16 03 2017].

Lisa 1 – Web HIPRE otsustusmodelite nimekiri

Mudelid on koostatud Web HIPRE keskkonnas (<http://hipre.aalto.fi/>). Mudelite avamiseks tuleb sisestada kasutajanimi *public* ja parool *luise*.

1. DWH_s1.jmd – esimese stsenaariumi otsustusmodel;
2. DWH_s1_koos.jmd – esimese stsenaariumi otsustusmodel, kus ekspertide hinnangutest grupiotsuses on leitud geomeetrilised keskmised ning sisestatud need mudeli põhikriteeriumide otsesteks hinnanguteks (selline asendus oli vajalik tundlikkuse analüüsi teostamiseks).
3. DWH_s1_KT.jmd – eksperdi KT hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (esimene stsenaarium).
4. DWH_s1_LP.jmd - eksperdi LP hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (esimene stsenaarium).
5. DWH_s1_MT.jmd - eksperdi MT hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (esimene stsenaarium).
6. DWH_s1_KTLP.jmd – esimese stsenaariumi otsustusmodel, kus grupiotsusesse on kaasatud ekspertide KT ja LP hinnangud.
7. DWH_s1_MTKT.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmodel, kus grupiotsusesse on kaasatud ekspertide MT ja KT hinnangud.
8. DWH_s1_MTLP.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmodel, kus grupiotsusesse on kaasatud ekspertide MT ja LP hinnangud.
9. DWH_s1_ainultKT.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmodel, kus grupiotsusesse on kaasatud ainult eksperdi KT hinnangud.
10. DWH_s1_ainultLP.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmodel, kus grupiotsusesse on kaasatud ainult eksperdi LP hinnangud.
11. DWH_s1_ainultMT.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmodel, kus grupiotsusesse on kaasatud ainult eksperdi MT hinnangud.
12. DWH_s1_balanced.jmd – esimese stsenaariumi otsustusmodel tasakaalustatud skaala järgi.
13. DWH_s1_bal_koos.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmodel, tasakaalustatud skaala järgi, kus ekspertide hinnangutest grupiotsuses on leitud geomeetrilised keskmised ning sisestatud need mudeli põhikriteeriumide otsesteks hinnanguteks (selline asendus oli vajalik tundlikkuse analüüsi teostamiseks).

14. DWH_s1_bal_KT.jmd - eksperdi KT hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (esimene stsenaarium, tasakaalustatud skaala).
15. DWH_s1_bal_LP.jmd - eksperdi LP hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (esimene stsenaarium, tasakaalustatud skaala).
16. DWH_s1_bal_MT.jmd - eksperdi MT hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (esimene stsenaarium, tasakaalustatud skaala).
17. DWH_s1_kulud.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmudel pärast kulude kriteeriumide osakaalude muutmist.
18. DWH_s1_bal_kulud.jmd - esimese stsenaariumi otsustusmudel pärast kulude kriteeriumide osakaalude muutmist (tasakaalustatud skaala).
19. DWH_s2.jmd – teise stsenaariumi otsustusmudel.
20. DWH_s2_koos.jmd – teise stsenaariumi otsustusmudel, kus ekspertide hinnangutest grupiotsuses on leitud geomeetrilised keskmised ning sisestatud need mudeli põhikriteeriumide otsesteks hinnanguteks (selline asendus oli vajalik tundlikkuse analüüsi teostamiseks).
21. DWH_s2_KT.jmd - eksperdi KT hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (teine stsenaarium).
22. DWH_s2_LP.jmd - eksperdi LP hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (teine stsenaarium).
23. DWH_s2_MT.jmd - eksperdi MT hinnangud põhikriteeriumidele, mida kasutati grupiotsuses (teine stsenaarium).

Lisa 2 – Ekspertide hinnangud Web HIPRE mudelites

Eksperti KT hinnang 1. stsenaariumi järgi:

Web-HIPRE - DWH_s1_KT.jmd

Priorities - DWH valik

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

More Important 9 **3.0** 9

Kasutusmugavus < > Administreerimine

Next Comparison 3 slightly preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.106

A Kasutusmu	1.0	3.0	0.33
B Administree	0.33	1.0	0.2
C Kulud	3.0	5.0	1.0

Kasutusmuga 0.258

Administreeri 0.105

Kulud 0.637

Convert weights to 0-1 value scale

Eksperti LP hinnang 1. stsenaariumi järgi:

Web-HIPRE - DWH_s1_LP.jmd

Priorities - DWH valik

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

More Important 9 **7.0** 9

Kasutusmugavus < > Administreerimine

Next Comparison 7 very strongly preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.056

A Kasutusmu	1.0	7.0	5.0
B Administree	0.14	1.0	1.0
C Kulud	0.2	1.0	1.0

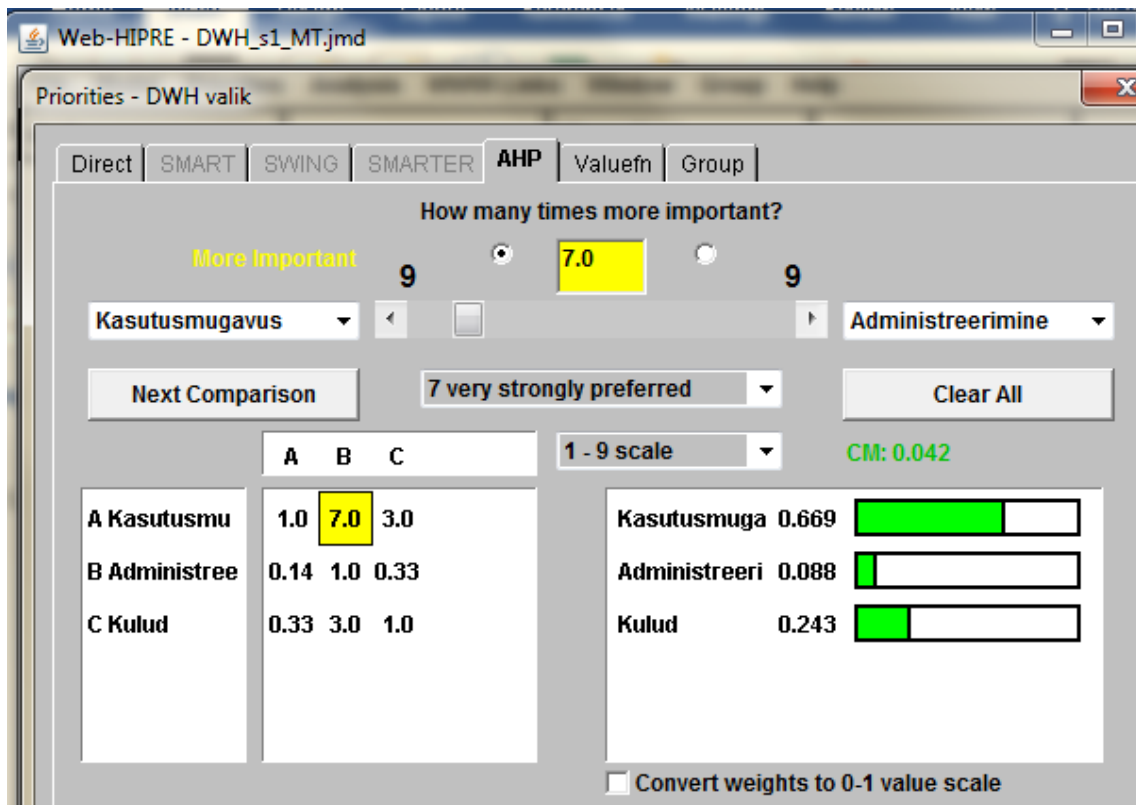
Kasutusmuga 0.747

Administreeri 0.119

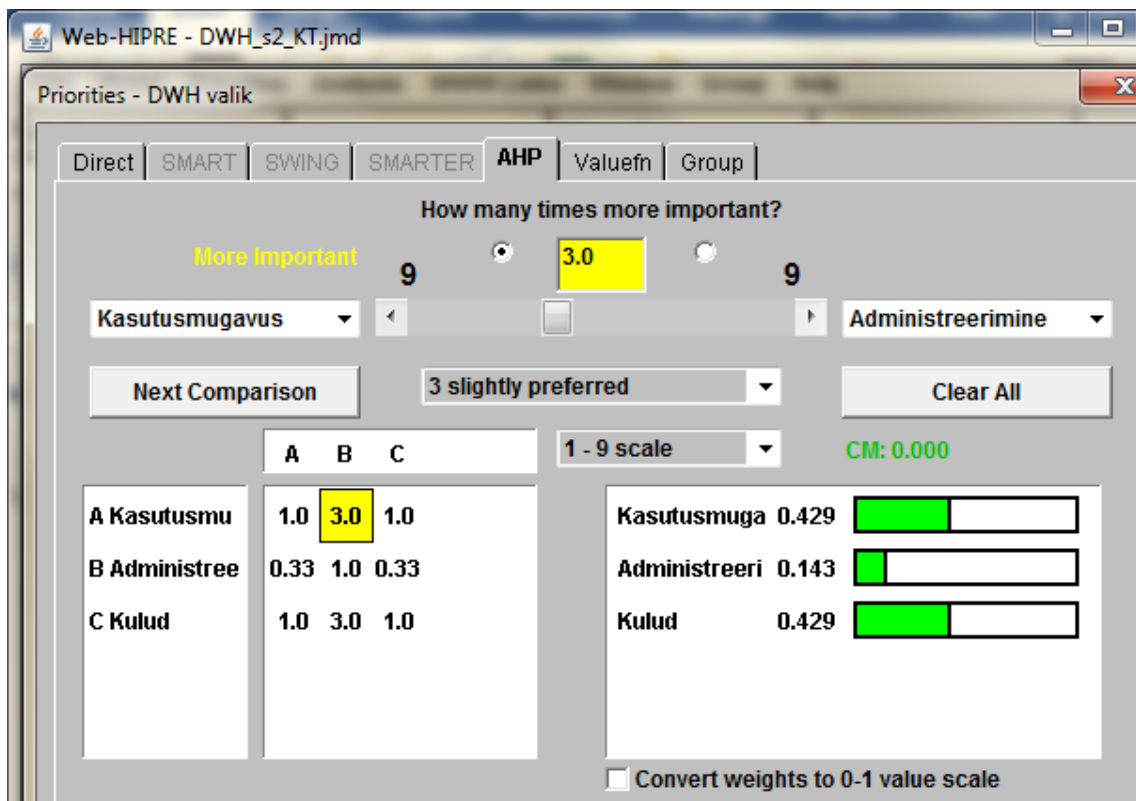
Kulud 0.134

Convert weights to 0-1 value scale

Eksperti MT hinnang 1. stsenaariumi järgi:



Eksperti KT hinnang 2. stsenaariumi järgi:



Eksperti LP hinnang 2. stsenaariumi järgi:

Web-HIPRE - DWH_s2_LP.jmd

Priorities - DWH valik

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

More Important 9 9

Kasutusmugavus Administreerimine

Next Comparison 3 slightly preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

A Kasutusmu	1.0	3.0	1.0
B Administree	0.33	1.0	0.33
C Kulud	1.0	3.0	1.0

Kasutusmuga	0.429	<input type="text"/>
Administreeri	0.143	<input type="text"/>
Kulud	0.429	<input type="text"/>

Convert weights to 0-1 value scale

Eksperti MT hinnang 2. stsenaariumi järgi:

Web-HIPRE - DWH_s2_MT.jmd

Priorities - DWH valik

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

More Important 9 9

Kasutusmugavus Administreerimine

Next Comparison 5 strongly preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

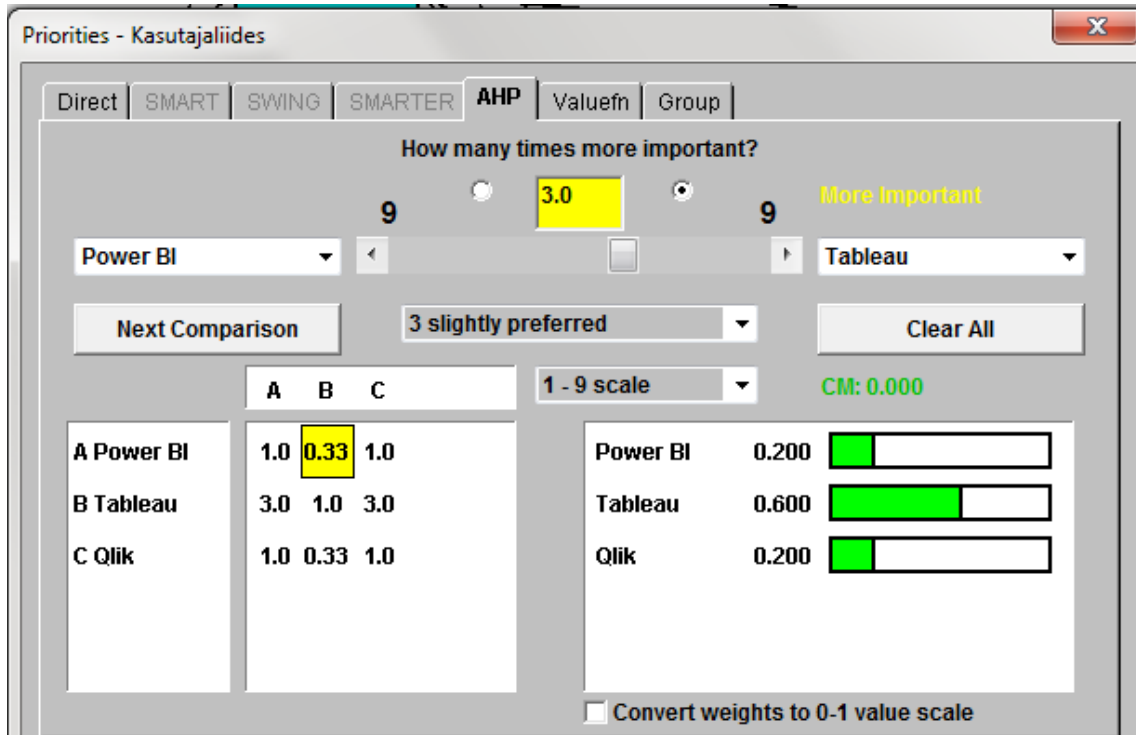
A Kasutusmu	1.0	5.0	5.0
B Administree	0.2	1.0	1.0
C Kulud	0.2	1.0	1.0

Kasutusmuga	0.714	<input type="text"/>
Administreeri	0.143	<input type="text"/>
Kulud	0.143	<input type="text"/>

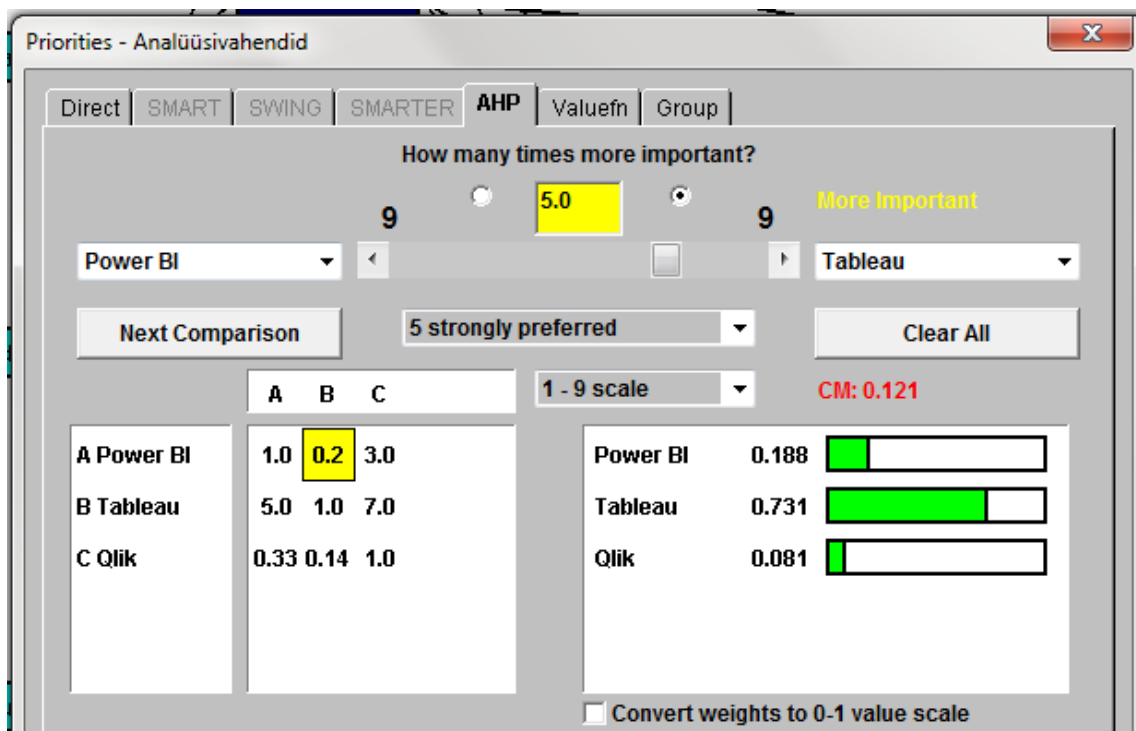
Convert weights to 0-1 value scale

Lisa 3 – Alternatiivide hinnangud Web HIPRE mudelis

Hinnangud tarkvaradele kasutajaliidese intuitiivsuse alamkriteeriumi osas:



Hinnangud tarkvaradele analüüsivahendite olemasolu alamkriteeriumi osas:



Hinnangud tarkvaradele päringute kasutamise võimaluse alamkriteeriumi osas:

Priorities - Päringud

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

9 3.0 9 More Important

Power BI < > Tableau

Next Comparison 3 slightly preferred Clear All

	A	B	C
A Power BI	1.0	0.33	0.14
B Tableau	3.0	1.0	0.2
C Qlik	7.0	5.0	1.0

1 - 9 scale CM: 0.121

Power BI 0.081
Tableau 0.188
Qlik 0.731

Convert weights to 0-1 value scale

OK Cancel

Hinnangud tarkvaradele visualiseerimisvõimaluste alamkriteeriumi osas:

Priorities - Visualiseerimine

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

9 3.0 9 More Important

Power BI < > Tableau

Next Comparison 3 slightly preferred Clear All

	A	B	C
A Power BI	1.0	0.33	0.33
B Tableau	3.0	1.0	1.0
C Qlik	3.0	1.0	1.0

1 - 9 scale CM: 0.000

Power BI 0.143
Tableau 0.429
Qlik 0.429

Convert weights to 0-1 value scale

Hinnangud tarkvaradele publitseerimisvahendite olemasolu alamkriteeriumi osas:

Priorities - Publitseerimine

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

Equal 9 **1.0** 9 Equal

Power BI < > Tableau

Next Comparison 1 equally preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

A Power BI	1.0	1.0	7.0
B Tableau	1.0	1.0	7.0
C Qlik	0.14	0.14	1.0

Power BI	0.467	<div style="width: 46.7%;"></div>
Tableau	0.467	<div style="width: 46.7%;"></div>
Qlik	0.067	<div style="width: 6.7%;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

Hinnangud tarkvaradele ETL funktsionaalsuse alamkriteeriumi osas:

Priorities - ETL

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

9 **1** 9

Tableau < > Tableau

Next Comparison 1 equally preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

A Tableau	1.0	0.33	1.0
B Power BI	3.0	1.0	3.0
C Qlik	1.0	0.33	1.0

Tableau	0.200	<div style="width: 20%;"></div>
Power BI	0.600	<div style="width: 60%;"></div>
Qlik	0.200	<div style="width: 20%;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

Hinnangud tarkvaradele kasutajaõiguste halduse alamkriteeriumi osas:

Priorities - Kasutajaõigused

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

9 1 9

Tableau < > Tableau

Next Comparison 1 equally preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

A Tableau	1.0	1.0	1.0
B Power BI	1.0	1.0	1.0
C Qlik	1.0	1.0	1.0

Tableau	0.333	<div style="width: 33%;"></div>
Power BI	0.333	<div style="width: 33%;"></div>
Qlik	0.333	<div style="width: 33%;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

Hinnangud tarkvaradele skaleeritavuse alamkriteeriumi osas:

Priorities - Skaleeritavus

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

9 1 9

Tableau < > Tableau

Next Comparison 1 equally preferred Clear All

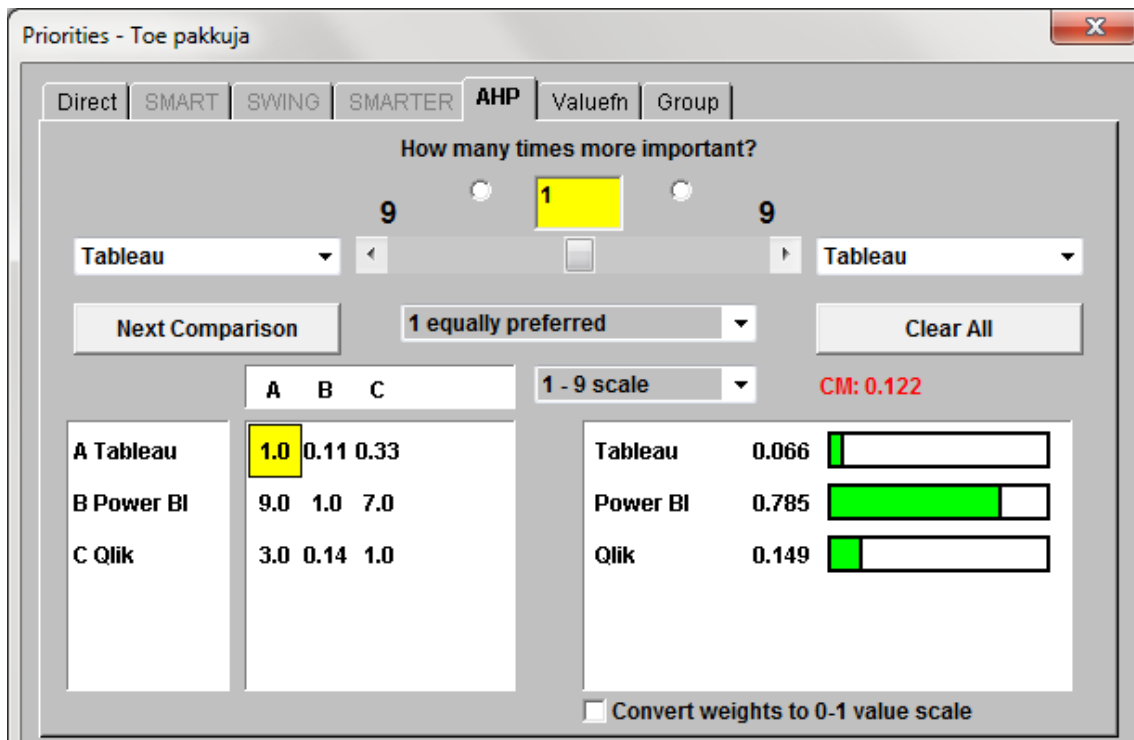
A B C 1 - 9 scale CM: 0.106

A Tableau	1.0	0.33	3.0
B Power BI	3.0	1.0	5.0
C Qlik	0.33	0.2	1.0

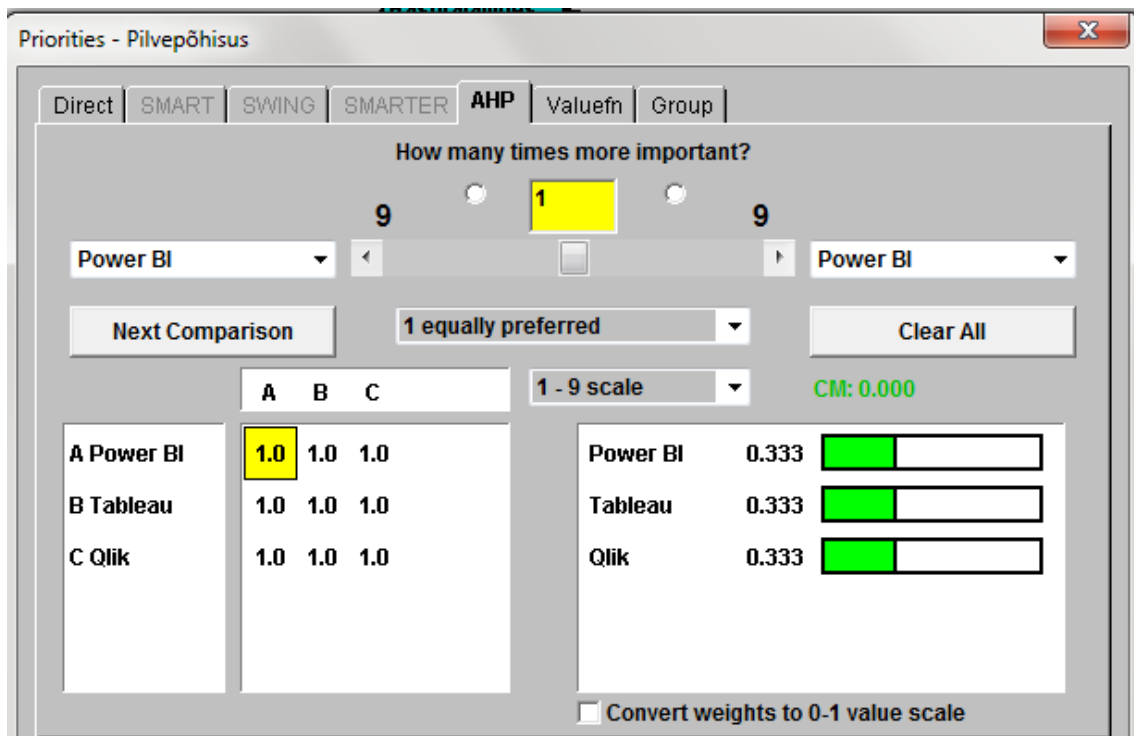
Tableau	0.258	<div style="width: 25.8%;"></div>
Power BI	0.637	<div style="width: 63.7%;"></div>
Qlik	0.105	<div style="width: 10.5%;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

Hinnangud toe pakkuja olemasolu alamkriteeriumi osas:



Hinnangud pilvepõhise lahenduse olemasolu alamkriteeriumi osas:



Hinnangud juurutuse maksumuse alamkriteeriumi osas:

Priorities - Juurutuse maksumus

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

9 9.0 9 More Important

Tableau < > Power BI

Next Comparison 9 extremely preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

A Tableau	1.0	0.11	1.0
B Power BI	9.0	1.0	9.0
C Qlik	1.0	0.11	1.0

Tableau	0.091	<div style="width: 10%;"></div>
Power BI	0.818	<div style="width: 80%;"></div>
Qlik	0.091	<div style="width: 10%;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

Hinnangud aastase ülalpidamiskulu alamkriteeriumide osas:

Priorities - Aastane kulu

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

9 9.0 9 More Important

Tableau < > Power BI

Next Comparison 9 extremely preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

A Tableau	1.0	0.11	1.0
B Power BI	9.0	1.0	9.0
C Qlik	1.0	0.11	1.0

Tableau	0.091	<div style="width: 10%;"></div>
Power BI	0.818	<div style="width: 80%;"></div>
Qlik	0.091	<div style="width: 10%;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

Hinnangud koolituskulude alamkriteeriumi osas:

Priorities - Koolituskulud

Direct | SMART | SWING | SMARTER | **AHP** | Valuefn | Group

How many times more important?

Equal 9 1.0 9 Equal

Tableau < > Power BI

Next Comparison 1 equally preferred Clear All

A B C 1 - 9 scale CM: 0.000

A Tableau	1.0	1.0	5.0
B Power BI	1.0	1.0	5.0
C Qlik	0.2	0.2	1.0

Tableau	0.455	<div style="width: 45.5%; background-color: green;"></div>
Power BI	0.455	<div style="width: 45.5%; background-color: green;"></div>
Qlik	0.091	<div style="width: 9.1%; background-color: green;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

Lisa 4 – Otsustusmudeli tekstilised väljundid

Stsenaarium 1

Value Tree

0 DWH valik

- 1 DWH_s1_MT 0.333
 - 2 Kasutusmugavus 0.669
 - 3 Kasutajaliides 0.379
 - 6 Power BI 0.200
 - 6 Tableau 0.600
 - 6 Qlik 0.200
 - 3 Analüüsivahendid 0.147
 - 6 Power BI 0.188
 - 6 Tableau 0.731
 - 6 Qlik 0.081
 - 3 Päringud 0.033
 - 6 Power BI 0.081
 - 6 Tableau 0.188
 - 6 Qlik 0.731
 - 3 Visualiseerimine 0.379
 - 6 Power BI 0.143
 - 6 Tableau 0.429
 - 6 Qlik 0.429
 - 3 Publitseerimine 0.062
 - 6 Power BI 0.467
 - 6 Tableau 0.467
 - 6 Qlik 0.067
 - 2 Administreerimine 0.088
 - 3 ETL 0.521
 - 6 Tableau 0.200
 - 6 Power BI 0.600
 - 6 Qlik 0.200
 - 3 Kasutajaõigused 0.266
 - 6 Tableau 0.333
 - 6 Power BI 0.333
 - 6 Qlik 0.333
 - 3 Skaleeritavus 0.051
 - 6 Tableau 0.258
 - 6 Power BI 0.637
 - 6 Qlik 0.105
 - 3 Toe pakkuja 0.117
 - 6 Tableau 0.066
 - 6 Power BI 0.785
 - 6 Qlik 0.149
 - 3 Pilvepõhisus 0.045
 - 6 Power BI 0.333
 - 6 Tableau 0.333
 - 6 Qlik 0.333

2 Kulud 0.243

- 3 Juurutuse maksumus 0.178
 - 6 Tableau 0.091
 - 6 Power BI 0.818
 - 6 Qlik 0.091
- 3 Aastane kulu 0.751
 - 6 Tableau 0.091
 - 6 Power BI 0.818
 - 6 Qlik 0.091
- 3 Koolituskulud 0.070
 - 6 Tableau 0.455
 - 6 Power BI 0.455
 - 6 Qlik 0.091
- 1 DWH_s1_KT 0.333
 - 2 Kasutusmugavus 0.258
 - 3 Kasutajaliides 0.379
 - 6 Power BI 0.200
 - 6 Tableau 0.600
 - 6 Qlik 0.200
 - 3 Analüüsivahendid 0.147
 - 6 Power BI 0.188
 - 6 Tableau 0.731
 - 6 Qlik 0.081
 - 3 Päringud 0.033
 - 6 Power BI 0.081
 - 6 Tableau 0.188
 - 6 Qlik 0.731
 - 3 Visualiseerimine 0.379
 - 6 Power BI 0.143
 - 6 Tableau 0.429
 - 6 Qlik 0.429
 - 3 Publitseerimine 0.062
 - 6 Power BI 0.467
 - 6 Tableau 0.467
 - 6 Qlik 0.067
 - 2 Administreerimine 0.105
 - 3 ETL 0.521
 - 6 Tableau 0.200
 - 6 Power BI 0.600
 - 6 Qlik 0.200
 - 3 Kasutajaõigused 0.266
 - 6 Tableau 0.333
 - 6 Power BI 0.333
 - 6 Qlik 0.333
 - 3 Skaleeritavus 0.051

6 Tableau 0.258	6 Tableau 0.429
6 Power BI 0.637	6 Qlik 0.429
6 Qlik 0.105	3 Publitseerimine 0.062
3 Toe pakkuja 0.117	6 Power BI 0.467
6 Tableau 0.066	6 Tableau 0.467
6 Power BI 0.785	6 Qlik 0.067
6 Qlik 0.149	2 Administreerimine 0.119
3 Pilvepõhisus 0.045	3 ETL 0.521
6 Power BI 0.333	6 Tableau 0.200
6 Tableau 0.333	6 Power BI 0.600
6 Qlik 0.333	6 Qlik 0.200
2 Kulud 0.637	3 Kasutajaõigused 0.266
3 Juurutuse maksumus 0.178	6 Tableau 0.333
6 Tableau 0.091	6 Power BI 0.333
6 Power BI 0.818	6 Qlik 0.333
6 Qlik 0.091	3 Skaleeritavus 0.051
3 Aastane kulu 0.751	6 Tableau 0.258
6 Tableau 0.091	6 Power BI 0.637
6 Power BI 0.818	6 Qlik 0.105
6 Qlik 0.091	3 Toe pakkuja 0.117
3 Koolituskulud 0.070	6 Tableau 0.066
6 Tableau 0.455	6 Power BI 0.785
6 Power BI 0.455	6 Qlik 0.149
6 Qlik 0.091	3 Pilvepõhisus 0.045
1 DWH_s1_LP 0.333	6 Power BI 0.333
2 Kasutusmugavus 0.747	6 Tableau 0.333
3 Kasutajaliides 0.379	6 Qlik 0.333
6 Power BI 0.200	2 Kulud 0.134
6 Tableau 0.600	3 Juurutuse maksumus 0.178
6 Qlik 0.200	6 Tableau 0.091
3 Analüüsivahendid 0.147	6 Power BI 0.818
6 Power BI 0.188	6 Qlik 0.091
6 Tableau 0.731	3 Aastane kulu 0.751
6 Qlik 0.081	6 Tableau 0.091
3 Päringud 0.033	6 Power BI 0.818
6 Power BI 0.081	6 Qlik 0.091
6 Tableau 0.188	3 Koolituskulud 0.070
6 Qlik 0.731	6 Tableau 0.455
3 Visualiseerimine 0.379	6 Power BI 0.455
6 Power BI 0.143	6 Qlik 0.091

Composite Priorities

	Power BI	Tableau	Qlik
Kasutajali	0.042	0.127	0.042
Analüüsiva	0.015	0.060	0.007
Päringud	0.001	0.003	0.013
Visualisee	0.030	0.091	0.091
ETL	0.032	0.011	0.011
Kasutajaõi	0.009	0.009	0.009
Skaleerita	0.003	0.001	0.001

Toe pakkuj	0.010	0.001	0.002
Juurutuse	0.049	0.005	0.005
Aastane ku	0.208	0.023	0.023
Koolitusku	0.011	0.011	0.002
Publitseer	0.016	0.016	0.002
Pilvepõhis	0.002	0.002	0.002
Overall	0.430	0.360	0.210

Stsenaarium 2:

Value Tree

0 DWH valik

1 DWH_s2_MT 0.333

2 Kasutusmugavus 0.714

3 Kasutajaliides 0.379

6 Power BI 0.200

6 Tableau 0.600

6 Qlik 0.200

3 Analüüsivahendid 0.147

6 Power BI 0.188

6 Tableau 0.731

6 Qlik 0.081

3 Päringud 0.033

6 Power BI 0.081

6 Tableau 0.188

6 Qlik 0.731

3 Visualiseerimine 0.379

6 Power BI 0.143

6 Tableau 0.429

6 Qlik 0.429

3 Publitseerimine 0.062

6 Power BI 0.467

6 Tableau 0.467

6 Qlik 0.067

2 Administreerimine 0.143

3 ETL 0.521

6 Tableau 0.200

6 Power BI 0.600

6 Qlik 0.200

3 Kasutajaõigused 0.266

6 Tableau 0.333

6 Power BI 0.333

6 Qlik 0.333

3 Skaleeritavus 0.051

6 Tableau 0.258

6 Power BI 0.637

6 Qlik 0.105

3 Toe pakkuja 0.117

6 Tableau 0.066

6 Power BI 0.785

6 Qlik 0.149

3 Pilvepõhisus 0.045

6 Power BI 0.333

6 Tableau 0.333

6 Qlik 0.333

2 Kulud 0.143

3 Juurutuse maksumus 0.178

6 Tableau 0.091

6 Power BI 0.818

6 Qlik 0.091

3 Aastane kulu 0.751

6 Tableau 0.091

6 Power BI 0.818

6 Qlik 0.091

3 Koolituskulud 0.070

6 Tableau 0.455

6 Power BI 0.455

6 Qlik 0.091

1 DWH_s2_KT 0.333

2 Kasutusmugavus 0.429

3 Kasutajaliides 0.379

6 Power BI 0.200

6 Tableau 0.600

6 Qlik 0.200

3 Analüüsivahendid 0.147

6 Power BI 0.188

6 Tableau 0.731

6 Qlik 0.081

3 Päringud 0.033

6 Power BI 0.081

6 Tableau 0.188

6 Qlik 0.731

3 Visualiseerimine 0.379

6 Power BI 0.143

6 Tableau 0.429

6 Qlik 0.429

3 Publitseerimine 0.062

6 Power BI 0.467

- 6 Tableau 0.467
- 6 Qlik 0.067
- 2 Administreerimine 0.143
 - 3 ETL 0.521
 - 6 Tableau 0.200
 - 6 Power BI 0.600
 - 6 Qlik 0.200
 - 3 Kasutajaõigused 0.266
 - 6 Tableau 0.333
 - 6 Power BI 0.333
 - 6 Qlik 0.333
 - 3 Skaleeritavus 0.051
 - 6 Tableau 0.258
 - 6 Power BI 0.637
 - 6 Qlik 0.105
 - 3 Toe pakkuja 0.117
 - 6 Tableau 0.066
 - 6 Power BI 0.785
 - 6 Qlik 0.149
 - 3 Pilvepõhisus 0.045
 - 6 Power BI 0.333
 - 6 Tableau 0.333
 - 6 Qlik 0.333
- 2 Kulud 0.429
 - 3 Juurutuse maksumus 0.178
 - 6 Tableau 0.091
 - 6 Power BI 0.818
 - 6 Qlik 0.091
 - 3 Aastane kulu 0.751
 - 6 Tableau 0.091
 - 6 Power BI 0.818
 - 6 Qlik 0.091
 - 3 Koolituskulud 0.070
 - 6 Tableau 0.455
 - 6 Power BI 0.455
 - 6 Qlik 0.091
- 1 DWH_s2_LP 0.333
- 2 Kasutusmugavus 0.429
 - 3 Kasutajaliides 0.379
 - 6 Power BI 0.200
 - 6 Tableau 0.600
 - 6 Qlik 0.200
 - 3 Analüüsivahendid 0.147
 - 6 Power BI 0.188
 - 6 Tableau 0.731
 - 6 Qlik 0.081
- 3 Päringud 0.033
 - 6 Power BI 0.081
 - 6 Tableau 0.188
 - 6 Qlik 0.731
- 3 Visualiseerimine 0.379
 - 6 Power BI 0.143
 - 6 Tableau 0.429
 - 6 Qlik 0.429
- 3 Publitseerimine 0.062
 - 6 Power BI 0.467
 - 6 Tableau 0.467
 - 6 Qlik 0.067
- 2 Administreerimine 0.143
 - 3 ETL 0.521
 - 6 Tableau 0.200
 - 6 Power BI 0.600
 - 6 Qlik 0.200
 - 3 Kasutajaõigused 0.266
 - 6 Tableau 0.333
 - 6 Power BI 0.333
 - 6 Qlik 0.333
 - 3 Skaleeritavus 0.051
 - 6 Tableau 0.258
 - 6 Power BI 0.637
 - 6 Qlik 0.105
 - 3 Toe pakkuja 0.117
 - 6 Tableau 0.066
 - 6 Power BI 0.785
 - 6 Qlik 0.149
 - 3 Pilvepõhisus 0.045
 - 6 Power BI 0.333
 - 6 Tableau 0.333
 - 6 Qlik 0.333
- 2 Kulud 0.429
 - 3 Juurutuse maksumus 0.178
 - 6 Tableau 0.091
 - 6 Power BI 0.818
 - 6 Qlik 0.091
 - 3 Aastane kulu 0.751
 - 6 Tableau 0.091
 - 6 Power BI 0.818
 - 6 Qlik 0.091
 - 3 Koolituskulud 0.070
 - 6 Tableau 0.455
 - 6 Power BI 0.455
 - 6 Qlik 0.091

Composite Priorities

	Power BI	Tableau	Qlik
Kasutajali	0.040	0.119	0.040

Analüüsiva	0.015	0.056	0.006
Päringud	0.001	0.003	0.013
Visualisee	0.028	0.085	0.085
ETL	0.045	0.015	0.015
Kasutajaõi	0.013	0.013	0.013
Skaleerita	0.005	0.002	0.001
Toe pakkuj	0.013	0.001	0.002
Juurutuse	0.049	0.005	0.005
Aastane ku	0.205	0.023	0.023
Koolitusku	0.011	0.011	0.002
Publitseer	0.015	0.015	0.002
Pilvepõhis	0.002	0.002	0.002
Overall	0.441	0.350	0.209

Stsenaarium 1 (balanced scale)

Value Tree

0 DWH valik

1 DWH_s1_MT 0.333

2 Kasutusmugavus 0.540

3 Kasutajaliides 0.344

6 Power BI 0.286

6 Tableau 0.429

6 Qlik 0.286

3 Analüüsivahendid 0.173

6 Power BI 0.245

6 Tableau 0.598

6 Qlik 0.156

3 Päringud 0.051

6 Power BI 0.156

6 Tableau 0.245

6 Qlik 0.598

3 Visualiseerimine 0.344

6 Power BI 0.250

6 Tableau 0.375

6 Qlik 0.375

3 Publitseerimine 0.088

6 Power BI 0.444

6 Tableau 0.444

6 Qlik 0.111

2 Administreerimine 0.163

3 ETL 0.432

6 Tableau 0.286

6 Power BI 0.429

6 Qlik 0.286

3 Kasutajaõigused 0.251

6 Tableau 0.333

6 Power BI 0.333

6 Qlik 0.333

3 Skaleeritavus 0.095

6 Tableau 0.297

6 Power BI 0.540

6 Qlik 0.163

3 Toe pakkuja 0.148

6 Tableau 0.095

6 Power BI 0.743

6 Qlik 0.162

3 Pilvepõhisus 0.074

6 Power BI 0.333

6 Tableau 0.333

6 Qlik 0.333

2 Kulud 0.297

3 Juurutuse maksumus 0.214

6 Tableau 0.091

6 Power BI 0.818

6 Qlik 0.091

3 Aastane kulu 0.683

6 Tableau 0.091

6 Power BI 0.818

6 Qlik 0.091

3 Koolituskulud 0.104

6 Tableau 0.412

6 Power BI 0.412

6 Qlik 0.176

1 DWH_s1_KT 0.333

2 Kasutusmugavus 0.315

3 Kasutajaliides 0.344

6 Power BI 0.286

6 Tableau 0.429

6 Qlik 0.286

3 Analüüsivahendid 0.173

6 Power BI 0.245

6 Tableau 0.598	3 Kasutajaliides 0.344
6 Qlik 0.156	6 Power BI 0.286
3 Päringud 0.051	6 Tableau 0.429
6 Power BI 0.156	6 Qlik 0.286
6 Tableau 0.245	3 Analüüsivahendid 0.173
6 Qlik 0.598	6 Power BI 0.245
3 Visualiseerimine 0.344	6 Tableau 0.598
6 Power BI 0.250	6 Qlik 0.156
6 Tableau 0.375	3 Päringud 0.051
6 Qlik 0.375	6 Power BI 0.156
3 Publitseerimine 0.088	6 Tableau 0.245
6 Power BI 0.444	6 Qlik 0.598
6 Tableau 0.444	3 Visualiseerimine 0.344
6 Qlik 0.111	6 Power BI 0.250
2 Administreerimine 0.207	6 Tableau 0.375
3 ETL 0.432	6 Qlik 0.375
6 Tableau 0.286	3 Publitseerimine 0.088
6 Power BI 0.429	6 Power BI 0.444
6 Qlik 0.286	6 Tableau 0.444
3 Kasutajaõigused 0.251	6 Qlik 0.111
6 Tableau 0.333	2 Administreerimine 0.181
6 Power BI 0.333	3 ETL 0.432
6 Qlik 0.333	6 Tableau 0.286
3 Skaleeritavus 0.095	6 Power BI 0.429
6 Tableau 0.297	6 Qlik 0.286
6 Power BI 0.540	3 Kasutajaõigused 0.251
6 Qlik 0.163	6 Tableau 0.333
3 Toe pakkuja 0.148	6 Power BI 0.333
6 Tableau 0.095	6 Qlik 0.333
6 Power BI 0.743	3 Skaleeritavus 0.095
6 Qlik 0.162	6 Tableau 0.297
3 Pilvepõhisus 0.074	6 Power BI 0.540
6 Power BI 0.333	6 Qlik 0.163
6 Tableau 0.333	3 Toe pakkuja 0.148
6 Qlik 0.333	6 Tableau 0.095
2 Kulud 0.478	6 Power BI 0.743
3 Juurutuse maksumus 0.214	6 Qlik 0.162
6 Tableau 0.091	3 Pilvepõhisus 0.074
6 Power BI 0.818	6 Power BI 0.333
6 Qlik 0.091	6 Tableau 0.333
3 Aastane kulu 0.683	6 Qlik 0.333
6 Tableau 0.091	2 Kulud 0.216
6 Power BI 0.818	3 Juurutuse maksumus 0.214
6 Qlik 0.091	6 Tableau 0.091
3 Koolituskulud 0.104	6 Power BI 0.818
6 Tableau 0.412	6 Qlik 0.091
6 Power BI 0.412	3 Aastane kulu 0.683
6 Qlik 0.176	6 Tableau 0.091
1 DWH_s1_LP 0.333	6 Power BI 0.818
2 Kasutusmugavus 0.603	6 Qlik 0.091

3 Koolituskulud 0.104
6 Tableau 0.412

6 Power BI 0.412
6 Qlik 0.176

Composite Priorities

	Power BI	Tableau	Qlik
Kasutajali	0.048	0.072	0.048
Analüüsiva	0.021	0.050	0.013
Päringud	0.004	0.006	0.015
Visualisee	0.042	0.063	0.063
ETL	0.034	0.023	0.023
Kasutajaõi	0.015	0.015	0.015
Skaleerita	0.009	0.005	0.003
Toe pakkuj	0.020	0.003	0.004
Juurutuse	0.058	0.006	0.006
Aastane ku	0.184	0.020	0.020
Koolitusku	0.014	0.014	0.006
Publitseer	0.019	0.019	0.005
Pilvepõhis	0.005	0.005	0.005
Overall	0.473	0.301	0.226