

FME-OHJELMISTON HYÖDYNTÄMINEN
VÄYLÄVERKON KUNTOKARTOITUSAINIESTON
PROSESSOINNIN AUTOMATISOINNISSA

Marjeta Joonas

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)
Maanmittaustekniikka

2024

Insinööri (AMK)
Maanmittaustekniikka

Tekijä	Joonas Marjeta	Vuosi	2024
Ohjaaja	Janne Matilainen		
Toimeksiantaja	Marjetas Academy Oy, Keijo Kangas		
Työn nimi	FME-ohjelmiston hyödyntäminen väyläverkon kuntokartoitusaineiston prosessoinnin automatisoinnissa		
Sivumäärä	28 + 1		

Kuntokartoitusaineiston prosessointi on manuaalista työtä vaativaa katujen kuntoaineiston käsittelyä. Tätä käsittelyä tehdään monissa Suomen kunnissa hyvin tiheästi muutamien vuosien välein, jotta katujen rakenteiden yleistä kuntoa voidaan seurata. Tässä opinnäytetyössä pyrittiin muuntamaan tämä toistuvien prosessien sarja automatisoituun muotoon. Tällä tavalla pystyttiin vähentämään huomattavasti prosessointiin kuluvaa aikaa ja muita resursseja. Lisäksi aineiston käsittelyä voidaan tehdä huomattavasti tiheämpään tahtiin vuosien varrella ilman, että se vaatii kalliita kuntokartoitusprojekteja. Tavoitteita tässä kehitystyössä oli kaksi: selvittää, että kuinka hyvin FME-ohjelmisto soveltuu katujen kuntoaineistojen prosessointiin sekä tehostaa toimeksiantajan kuntoaineistojen käsittelyyn kuluvaa aikaa.

Opinnäytetyön kannalta olennaisimmat tietoperustat muodostuivat Feature Manipulation Engine (FME)-ohjelmiston toiminnasta sekä siihen olennaisesti liittyvistä käsitteistä. Näihin käsitteisiin kuuluivat sovellusautomaatio sekä prosessointiketju. Lisäksi lukijan tulisi ymmärtää, mitä tarkoitetaan katujen kuntokartoituksella ja miten eri aihealueita se pitää sisällään. Lähtöaineiston tuotannon kannalta tulisi ymmärtää vaihtoehtoisten keräysmenetelmien plussat, miinukset sekä toimintaperiaatteet. Kuntokartoituksessa prosessoitavien vauriotyyppien sekä vaurioluokkien määrittäminen oli myös oleellista, jotta lukija ymmärtäisi, mistä FME-ohjelmistolla tuotettava lopputuote koostui. Kehittämismenetelmänä käytettiin ”trial and error”-menetelmää, koska FME-ohjelmistossa on käytössä paljon erilaisia työkaluja eri prosessoinnin vaiheissa ja niiden valitsemiseen joudutaan kokeilemaan erilaisia toteutustapoja. Tämä mahdollisti tehokkaimman prosessointiketjun luomisen.

Tuloksena syntyi valmis FME-työtila, joka mahdollistaa kerätyn kuntokartoitusaineiston prosessoinnin minuuteissa. Aineiston automaattisella prosessoinnilla saavutettiin tehokas ja helposti toistettavissa oleva aineiston käsittelymenetelmä. Valmiista FME-työtilasta on johdettu toimeksiantajan toimesta vastaava automaattinen prosessointiketju QGIS-ohjelmistoon, jossa tuote on jatkuvassa käytössä.

Bachelor of Engineering
Study Programme in Land
Surveying Engineering

Author	Joonas Marjeta	Year	2024
Supervisor	Janne Matilainen		
Commissioned by	Marjetas Academy Oy, Keijo Kangas		
Title	Utilization of FME-software in automating the processing of the condition assessment data of the street network		
Number of pages	28 + 1		

The aim of this thesis study was to transform the repetitive process of condition assessment data of street network of into automated form. In this way, it was possible to significantly reduce processing time and other resources. The goals of this development were twofold: to find out how well the FME software is suitable for processing street condition data, and to improve the client's processing time.

The most essential knowledge basis for this thesis consisted of the operation of the Feature Manipulation Engine (FME) software and the concepts essentially related to it. These concepts included application, automation, and processing chain. In addition, the reader should understand what is meant by street condition mapping and what different topics it includes. From the point of view of the production of source material, one should understand the pluses, minuses, as well as the principles of the operation of alternative collection methods. Defining the damage categories to be processed in the condition survey was also essential so that the reader would understand what the product produced with FME software consisted of. The "trial and error" method was used as the development method, because FME software uses many different tools at different stages of processing, and different implementation methods have to be tried to select them. This made it possible to create the most efficient processing chain.

The result was a ready-made FME workspace that enables the processing of the collected condition survey data in minutes. Automatic processing of the data resulted in an efficient and easily reproducible data processing method. From the finished FME workspace, a corresponding automatic processing chain was derived by the client to QGIS software, where the product is in continuous use. Now, it is possible to significantly reduce processing time and other resources. In addition, data processing can be done at a much more frequent pace over the years without requiring expensive condition mapping projects.

Keywords: FME, condition assessment, application automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KUNTOKARTOITUS	7
2.1	Lähtöaineiston tuotanto	7
2.1.1	Syyperusteinen päällystevaurioinventointi	7
2.1.2	Konenäköperusteinen vaurioinventointi	8
2.2	Vauriotyypit ja vaurioluokat	9
2.2.1	Päällysteen vauriot	9
2.2.2	Kantavuuspuute	10
2.2.3	Routavaurio	10
2.2.4	Heijastusvaurio	11
2.2.5	Muut vauriot	12
2.3	Vauriosumma	12
2.4	Kuntoluokka	13
3	FEATURE MANIPULATION ENGINE	15
3.1	FME:n ominaisuudet	15
3.2	Sovellusautomaatio	16
3.3	Prosessointiketju	16
4	AINEISTON PROSESSOINTI FME-OHJELMISTOLLA	17
4.1	Eri prosessointiketjujen kuvaukset	17
4.2	Lähtöaineiston sisäänkirjoitus	20
4.3	Aineiston alkukäsittely	20
4.4	Vauriosumman laskeminen	21
4.5	Kuntoluokan määrittäminen	21
4.6	Tuotoksen uloskirjoitus	22
5	POHDINTA	23
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	28

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on katujen kuntokartoitusaineiston prosessointi useista eri lähteistä FME-ohjelmistoa hyödyntäen. Yleensä tämäntyyppinen aineiston käsittely tehdään manuaalisesti toimisto-olosuhteissa. FME tarjoaa sovellusautomaatioon ja prosessointiketjuihin pohjautuvaa tehoa isojen aineistojen käsittelyyn. Tässä opinnäytetyössä pyritään automatisoimaan kuntokartoitusaineiston prosessointi mahdollisimman pitkälle. Tavoitteena on lyhentää ja tehostaa aineistojen käsittelyyn kuluva aikaa, ja tätä kautta pyritään säästämään yrityksen resursseja.

Tutkimuskysymyksiä tässä opinnäytetyössä on kaksi kappaletta. Ensimmäisenä on tarkoitus selvittää, kuinka hyvin FME soveltuu tämäntyyppisen kuntokartoitusaineiston prosessointiin. Toisena tavoitteena on tehostaa aineiston prosessointiaikaa. Lopullinen tavoite tässä kehittävässä opinnäytetyössä on tehostaa Marjetas Academy Oy:n kuntokartoitusaineistojen prosessointia ja säästää yrityksen resursseja työntekijöiden työtunneissa. Tutkimusmenetelmänä käytetään ”trial and error”-menetelmää, jossa tarkoituksena on luoda valmiita prosessointiketjuja olemassa olevista prosessointivaiheista. FME:n käytöstä tämäntyyppisessä projektissa ei ole Marjetaksella aikaisempaa kokemusta, joten valmiin tuotteen valmistamiseksi joudutaan kokeilemaan paljon erilaisia toteutusvaihtoehtoja oikean ja toimivan polun löytymiseksi.

Tämä opinnäytetyön aihe on hyvin ajankohtainen, kun sitä peilataan nyky-yhteiskunnan tapoihin toimia. Automaatisaatio on iso kehityksen osa-alue monilla eri tuotannon aloilla, oli sitten kyse sovellusautomaatiosta tai mekaanisesta automaatiosta. Yritykset ja muut aineistoa käsittelevät organisaatiot pyrkivät aina mahdollisimman tehokkaaseen tuotantoon. Tämän takia kuntokartoitusaineiston käsittelyn automatisaatio on luonnollinen seuraava askel tällä osa-alueella.

Tietoperustana tälle kehittäväälle opinnäytetyölle käytetään FME:tä, sovellusautomaatiota sekä katujen kuntokartoitukseen liittyviä dokumentteja. Nämä aiheet pitävät sisällään kaiken oleellisen asian tämän kehittämistyön kannalta. FME:n kohdassa käsitellään sovellusautomaatiota ja prosessointiketjuja käsitteinä, sekä

niiden soveltamista tähän opinnäytetyöhön. Kuntokartoitusosiossa käydään selkeästi läpi, minkälaisesta prosessoinnista on kyse. Tämä tulee ymmärtää perusteellisesti, jotta ymmärretään, miten prosessia voidaan kehittää automaation kautta. Opinnäytetyön rakenne muodostuu "kuntokartoitus"-käsitteen avaamisesta Marjetas Academy Oy:n tulkinnan mukaisesti. Kuntokartoitus terminä on subjektiivinen, ja eri yritykset sisällyttävät siihen hieman eri asioita. Tässä osiossa käydään lisäksi läpi eri lähtöaineiston keruumenetelmiä. Tähän kehittämistyöhön on valittu nimenomaan 3 eri aineiston tuottajaa, koska heillä kaikilla on erilaiset mittausmenetelmät. Tällä tavalla saadaan vaihtelua prosessointiketjuihin sekä prosessointia voidaan tarkastella eri näkökulmista. Kuntokartoituksen jälkeen käydään läpi, mitä tarkoittaa FME sekä sovellusautomaatio. Nämä termit tulee ymmärtää selkeästi, jotta voidaan ymmärtää miten automaatiokehitys parantaa jo olemassa olevaa tuotetta. Viimeisessä aineiston käsittelyluvussa käydään läpi pintapuolisesti valmiin FME-tuotteen osat. Salassapitovelvollisuuden takia prosessoinnin yksityiskohtia ei voida avata tarkasti, mutta prosessoinnin työnkulku ja muuttujat käydään läpi yleisellä tasolla.

2 KUNTOKARTOITUS

2.1 Lähtöaineiston tuotanto

Prosessoitavaa aineistoa voidaan tuottaa kahdella eri tavalla, joko perinteisellä syyperusteisella vaurioinventoinnilla tai konenäköperusteisella vaurioinventoinnilla. Syyperusteista inventointia tai sen variaatioita on käytetty alalla jo pitemmän aikaa ja niillä on saatu luotettavia tuloksia erilaisissa projekteissa. Tämän tyyppinen aineiston tuotantomenetelmä vaatii paljon enemmän manuaalista työtä niin maastossa, kuin myös aineiston jälkikäsitelystä toimisto-olosuhteissa. Lisäksi siihen kuluu huomattavasti enemmän aikaa. (Väylävirasto 2021, 7.)

Konenäköperusteinen vaurioinventointi on modernimpi vaihtoehto. Se on kehittyvä tuotannon ala, jossa pyritään käyttämään tehokkaasti hyödyksi automatisoitua konenäköä ja sen automaattista vaurioiden tunnistamista. Kun konenäköprosessi on toimiva tuote, se on huomattavasti tehokkaampi näistä vaihtoehdoista. Se säästää paljon aikaa maastossa, koska katujen kuvaamiseen riittää yksinkertainen kadun kuvaaminen kohtalaisella kameralla. Ainoa kriteeri kaikkien kuvausten onnistumiseen on se, että katu saadaan kuvattua koko leveydessään ja pituudeltaan. (Flowity AB 2024.)

2.1.1 Syyperusteinen päällystevaurioinventointi

Katuverkon vaurioiden toteaminen ja tiedon kerääminen toteutetaan hitaasti liikuvasta mittausajoneuvosta, jonka varusteina käytetään mahdollisimman tarkkaa DGPS-vastaanotinta sekä videointi- tai muuta kuvauslaitetta. Kadun vauriot havaitaan asiantuntevan työntekijän toimesta näköhavaintoina. Hän kirjaa vauriot mittautietokoneeseen mittaushetkellä. Kalustolla tuotettu mittalinja sidotaan koordinaatistoon kuvaushetkellä. Tien pintaa pyritään kuvaamaan siten, että kuvassa näkyy vähintään koko ajorata ja mielellään myös kadun reuna-alueita. (Marjetas Academy Oy 2021, 7.)

Tämän tyyppinen vaurioinventointi on ollut käytössä jo pidemmän aikaa. Tässä opinnäytetyössä käytetyistä lähtöaineistoista ainoastaan Roadscanners:in tuotama aineisto on tuotettu tällä tavalla manuaalisesti. Marjetas Academy Oy on myös käyttänyt tätä inventointimenetelmää omissa maastomittauksissa.

2.1.2 Konenäköperusteinen vaurioinventointi

Konenäköperusteisella vaurioinventoinnilla tarkoitetaan tietokoneen kykyä analysoida kuvia tai videoita konenäön avulla. Sen tehtävänä on tunnistaa automaattisesti erilaiset päällysteen halkeamat ja muut epämuodostumat, eli käytännössä se tunnistaa kaikki poikkeavuudet, mitä tien pinnassa voi esiintyä. Tämän tyyppinen automaattinen tunnistaminen säästää aikaa vaurioiden kartoituksessa ja analysoinnissa. (Flowity AB 2024.)

Konenäkö tarkoittaa teknologiaa ja menetelmiä, joilla tietokone ja muut laitteet voivat nähdä ja analysoida visuaalista tietoa kuten kuvia ja videoita. Konenäön avulla voidaan automatisoida ja tehostaa erilaisia tehtäviä, jotka vaativat visuaalista havainnointia, tarkkailua ja analysointia. Koko tämä teknologialaji perustuu kameroiden, tietokonenäön ja tekoälyn käyttöön.

Konenäkö opetetaan vertailemaan sille annettua raakaa dataa, eli tässä tapauksessa kadun pinnasta kuvattua videota. Konenäön toiminta perustuu kykyyn oppia tunnistamaan ja nimeämään erilaisia vaurioita. Se toimii vain sille annettujen tietojen pohjalta, joten sen toiminta riippuu täysin analysoitavan materiaalin vertailtavuudesta konenäön oppimaan tietoon. Konenäkö havaitsee pienimmät vauriot paremmin kuin ihminen, mutta se ei osaa tunnistaa vaurioiden aiheuttajaa. Se pystyy ainoastaan tunnistamaan miltä vaurio näyttää videolla. Konenäön isoimpina etuina ovat huomattavasti edullisempi hinta sekä ajan säästö. Lisäksi konenäön tekemä vaurioinventointi on helposti uusittavissa ja verrattavissa aikaisempiin inventointeihin. Suomessa tällä hetkellä toimivat Vaisala Oyj sekä Flowity AB on valittu tässä opinnäytetyössä konenäköperusteisen aineiston tuottajiksi. (Knuuti, Sirvio & Kaal 2022, 36.)

Konenäöllä tarkoitetaan kuvantunnistuksessa käytettävän tekoälyn hyödyntämistä haluttujen kohteiden tunnistamiseen ja luokitteluun. Kun ihminen näkee visuaalisesti esineen tai yksityiskohdan, tunnistamme objektin automaattisesti aikaisemman tietämyksen perusteella. Tällä tavalla havainto yhdistetään johonkin olemassa olevaan konseptiin ja sen tunnistaminen on mahdollista. Tietokoneille tämä visuaalinen tunnistaminen on kuitenkin huomattavasti haasteellisempaa, ja se vaatii huomattavaa aineiston prosessointia. Kuvantunnistustyö tekoälyn

kanssa on pitkäaikainen tutkimusongelma konenäön alalla. Tietokoneilla pyritään siis jäljittelemään ihmisen näön havaintokykyä. Kuvantunnistuksen yhteinen tavoite on havaittujen kohteiden luokittelu eri luokkiin. Tässä opinnäytetyössä nämä havaitut kohteet tarkoittavat erilaisia vaurioitumistyyppisiä päällystetyn tien pinnassa. Nämä vauriot pyritään tunnistamaan ja luokittelemaan oikeaan vaurio-tyyppiin, sekä antamaan vaurioille oikea vaurioitumisen taso. (Gaudenz 2024.)

Tekoälyllä tarkoitetaan tietokonejärjestelmää, jolla pyritään jäljittelemään ihmisen kognitiivisia toimintoja. Näistä yleisimpiä toimintoja ovat oppiminen, päättely, suunnittelu ja ongelmanratkaisu. (Tekoalyaika.fi 2024.) Kuntokartoituksessa tekoälyä sovelletaan kuvien prosessointiin. Konenäkö pyrkii tunnistamaan ihmisen näön tavoin vaurioita tien pinnassa ja luokittelemaan niitä mahdollisimman hyvin.

2.2 Vauriotyypit ja vaurioluokat

Marjetas Academy Oy:n oman tulkinnan mukaan päällystetyn tienpinnan vauriot voidaan luokitella viiteen eri kategoriaan: päällysteen vauriot, kantavuuspuute, routavaurio, heijastusvaurio ja muut vauriot. Jokainen näistä vauriotyypeistä luokitellaan lisäksi vielä neljään eri luokkaan vaurion vakavuuden mukaisesti: vaurioluokka 0 tarkoittaa ehjää päällystettä, vaurioluokka 1 tarkoittaa vähäistä vaurion vakavuutta, vaurioluokka 2 tarkoittaa kohtalaista vaurion vakavuutta ja vaurioluokka 3 tarkoittaa huomattavaa vaurion vakavuutta.

Seuraavassa luvussa on avattuna jokaisen vauriotyypin sekä vaurioluokan määritelmät. Nämä määritelmät ovat kaikki suoraan Marjetas Academy Oy:n Katujen syyperusteinen kuntoarviointi- menetelmäoppaasta. (Marjetas Academy Oy 2021, 8–14.) Vauriotyypien ja vaurioluokkien havainnekuvat löytyvät liitteestä 1.

2.2.1 Päällysteen vauriot

Päällysteen vaurioihin kuuluvat reiät, purkaumat ja saumavirheet, kun vaurio koskee vain päällystettä. Jos on epäilystä vakavammasta ongelmasta: kantavuuspuute, routavaurio tai heijastuva rakenne, vaurio merkitään vakavampien vaurioiden luokkaan.

2.2.2 Kantavuuspuute

Vaurioluokassa 1 päällysteessä näkyy alkavaa halkeilua rengasurissa, joissa urat ovat osittain näkyvissä tai halkeiluun liittyy reunapainumia. Maatutkaluotauksissa päällysrakenteiden rajapinnat ovat selkeät, mutta rakennekerrokset ovat taipuisia. Kantavan kerroksen dielektrisyysarvot saattavat olla hieman koholla, mikä yleensä viittaa päällysteen alaosan alkavaan väsymiseen. Tiessä voi olla jonkin verran poikkihalkeamia. Tie ei vaadi välitöntä korjausta, jos kerrokset ovat riittävän paksuja.

Vaurioluokassa 2 päällysteessä näkyy selkeää pituushalkeilua rengasurissa tai alkavaa verkkohalkeilua. Rengasurat erottuvat selvästi, ja kadussa on kuormituksen aiheuttamaa muodonmuutosta myös muualla, kuin rengasurassa. Maatutkaluotauksissa päällysrakenteiden rajapinnat ovat osittain epäselviä ja paikoin taipuisia. Epäsäännöllisyydet viittaavat etenevään halkeiluun. Ja voimakkaat heijasteet osoittavat, että tierakenteissa on runsaasti vettä sitovia materiaaleja. Kantavan kerroksen dielektrisyysarvo voi olla korkea, mikä voi merkitä heikompaa kevätkantavuutta.

Vaurioluokassa 3 päällyste on halkeillut niin pahasti, että ajaminen on epämukavaa ja katu vaatii välitöntä korjausta. Maatutkaluotauksissa näkyvien päällysrakenteiden rajapinnat ovat täysin sekoittuneet. Lisäksi kantava kerros sitoo runsaasti vettä sekä se voi olla erittäin routivaa. Kantavan kerroksen pinnan dielektrisyysarvo voi olla erittäin korkea. Katu on huonossa kunnossa ja päällysteessä on verkkohalkeamia ja jopa purkauksia. Tässä tapauksessa katurakenteet vaativat perusteellista korjaamista.

2.2.3 Routavaurio

Vaurioluokassa 1 kadussa on havaittavissa pientä tai alkavaa routaväsymystä, joka ilmenee pituussuuntaisena hiushalkeiluna ja/tai pituussuuntaisena epätasaisuutena. Väsyminen ei kuitenkaan ole vakavaa eikä edellytä korjaamistoimenpiteitä, jos ei ole kyseessä uusi tie. Maatutkaprofiilissa tien ja pohjamaan rajapinnat ovat selkeitä, mutta ne voivat olla jo hieman taipuneita.

Vaurioluokassa 2 tiessä on havaittavissa selkeitä routaväsytymisen oireita. Ne tulisi korjata lähiaikoina, ennen kuin tien kunto romahtaa lopullisesti. Epätasaisuus on lisääntynyt ja/tai pituushalkeamat ovat muuttuneet ”vaeltaviksi” ja ne ovat selkeästi auenneet. Maatutkaprofiilissa tien ja pohjamaan rajapinnat ovat sekoittuneet, mutta ovat vielä suurimmalta osin erotettavissa.

Vaurioluokassa 3 katu on vaurioitunut erittäin pahasti pohjamaan routimisen vuoksi ja vaurion korjaaminen edellyttää useimmiten rakenteen uusimista. Maatutkaprofiilissa pohjamaan ja rakennekerrosten rajapinnat ovat sekoittuneet kokonaan. Rajapintaa ei voida erottaa ollenkaan. Päällysteessä voi olla paikoin purkaumia ja reikiä, joiden kautta vettä pääsee edelleen rakenteeseen ja aiheuttaa rakennekerrosten routimista. Vauriot vaikuttavat merkittävästi myös ajomukavuuteen ja liikenneturvallisuuteen. Vauriot tulisi korjata välittömästi.

2.2.4 Heijastusvaurio

Vaurioluokassa 1 päällysteeseen on syntynyt kapea heijastushalkeama esimerkiksi rakennekerrosten muutoskohtaan. Heijastushalkeamat esiintyvät kadulla erilaisissa rakennekerrosten tai pohjamaanlajin muutoskohdissa. Heijastushalkeamien määrittelyssä maatutka-aineistosta saatava informaatio on ensiarvoisen tärkeää. Heijastushalkeamaa voi esiintyä esimerkiksi seuraavissa kohdissa: siirtymäkiilavauriot/kallio, siirtymäkiilavauriot/rumpu, siirtymäkiilavauriot/maalajin muutos, sivukalteva rinne/routaheitto, tien läpi tulevat lohkat ja kaapeli- tai putkikaivannot.

Vaurioluokassa 2 kadulla esiintyy joko hieman leveämpää tai useita rinnakkain olevia kapeita heijastushalkeamia. Halkeamat syntyvät esimerkiksi rakennekerrosten muutoskohtaan tai paikattujen kaivantojen ympärille. Halkeamat vaikuttavat liikenneturvallisuuteen ja ne tulisi korjata mahdollisimman pian.

Vaurioluokan 3 halkeama on kasvanut vaarallisen leveäksi. Katuverkolla esiintyy harvoin tämän luokan heijastushalkeamia. Halkeamat tulisi korjata välittömästi, kuten yleensä kunnossapidossa on tehtykin.

2.2.5 Muut vauriot

Vaurioluokassa 1 kadulla esiintyy hyvin pieniä purkauksia, kuten yksittäisiä pieniä reikiä tai lieviä painumia. Nämä vauriot ovat vähäisiä eivätkä vaikuta ajomukavuuteen tai liikenneturvallisuuteen.

Vaurioluokassa 2 päällysteessä on kohtalaisen voimakkaita purkauksia, reikiä tai silmin havaittavia voimakkaita uria. Vaurioalue on yleensä hieman laajempi.

Vaurioluokassa 3 päällyste on pahasti purkautunut, reikiintynyt tai kadulla on merkittäviä muita vaurioita, jotka vaikuttavat ajomukavuuteen ja liikenneturvallisuuteen. Nämä vauriot tulisi korjata mahdollisimman pian.

2.3 Vauriosumma

Jokaiselle inventoidulle ja arvioidulle vauriomuuttujalle määritetään painokerroin taulukon 1 mukaisesti. Kuivatuksen tilanne voidaan ottaa kaavassa huomioon sekä pintakuivatuksen että rakenteellisen kuivatuksen osalta, tai kuivatus voidaan arvioida erikseen. Vauriosumma ilmaisee vaurioitumisen asteen metrin jaksoina. Jakson vauriosumma määritetään matemaattisen kaavan avulla, jossa vauriosumma lasketaan kaavan 1 avulla. Vauriosumman 0-luokka vastaa uutta vauriotonta katujaksoa. Vauriosumman laskennassa käytetään muuttujina kunkin vaurion painokerrointa sekä vaurion vakavuutta (Taulukko 1). Lopuksi jokaiselle vauriosummalle lasketaan suhteellinen prosenttiosuus (%) koko katupituudesta. (Marjetas Academy Oy 2021, 14.)

$$V = (A \times a) + (B \times b) + (C \times c) + (D \times d) + (E \times e) \quad (1)$$

missä

<i>V</i>	on	vauriosumma
<i>A</i>	on	päällystevaurion vaurioitumisen taso
<i>B</i>	on	kantavuusvaurion vaurioitumisen taso
<i>C</i>	on	routavaurion vaurioitumisen taso
<i>D</i>	on	heijastushalkeaman vaurioitumisen taso
<i>E</i>	on	muiden vaurioiden vaurioitumisen taso

<i>a</i>	on	päällysteen vaurion painokerroin
<i>b</i>	on	kantavuusvaurion painokerroin
<i>c</i>	on	routavaurion painokerroin
<i>d</i>	on	heijastushalkeaman painokerroin
<i>e</i>	on	muiden vaurioiden painokerroin

Taulukko 1. Vauriosumman laskemisessa käytettävät kertoimet (Marjetas Academy Oy 2021, 14)

INVENTOIDUT VAURIOT / PAINOKERROIN / VAURIOLUOKAN KUVAUS					
Inventoidut vauriot	Painokerroin	Vaurioluokka 0	Vaurioluokka 1	Vaurioluokka 2	Vaurioluokka 3
Päällysteen vauriot	0,2	Ei vaurioita	Lievä vaurio	Huomattava vaurio	Vakava vaurio
Kantavuusvauriot	0,74				
Routavauriot	0,94				
Heijastushalkeamat	0,45				
Muut vauriot (esim. purkaumat, reiät, deformaatiot jne.)	1				

2.4 Kuntoluokka

Kadun vauriotiheys lasketaan vauriosummien 2–9 suhteellisten osuuksien summasta. Tällöin vauriotiheyteen saadaan mukaan vain katuosat, joissa esiintyy huomattavaa tai vakavaa vauriota. Käytännössä tässä vaiheessa valitaan vaurioituneet tienosat, ja lasketaan niiden tienosien yhteispituus. Tätä vaurioitunutta yhteispituutta verrataan koko kadun pituuteen ja saadaan tiekohtainen prosentuaalinen vauriotiheys. Kaavassa 2 on esitettyä kuntoluokan laskennan kaava. Kaduille määritetään kuntoluokitus viisiportaisen taulukon 2 mukaisesti. (Rantanen 2014, 17; Marjetas Academy Oy 2021, 15–16.)

Taulukko 2. Kuntoluokkien määrittäminen (Marjetas Academy Oy 2021, 15)

KUNTOLUOKKA (vastaava vaurioitiheys)	
5 = Erittäin huono	(70–100 %)
4 = Huono	(50–70 %)
3 = Tyydyttävä	(30–50 %)
2 = Hyvä	(10–30 %)
1 = Erittäin hyvä	(0–10 %)

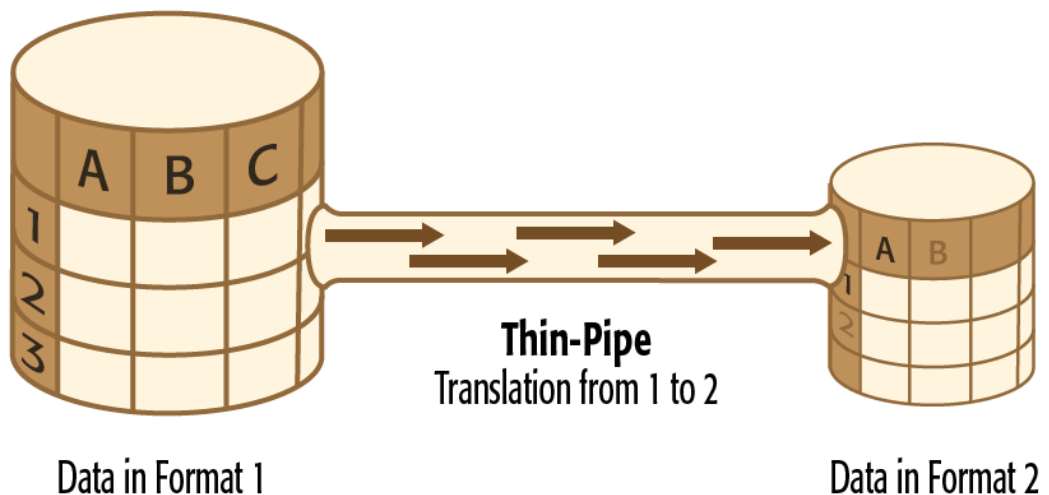
$$K = \frac{\textit{kadun vaurioitunut pituus}}{\textit{kadun kokonaispituus}} \times 100 \quad (2)$$

missä

K on kadun prosentuaalinen vaurioitunut osuus (%)

3 FEATURE MANIPULATION ENGINE

FME (Feature Manipulation Engine) on Safe Softwaren kehittämä sovellus, joka helpottaa erilaisten paikkatietoaineistojen ja muiden tietoaineistojen integrointia, käsittelyä, muuntamista ja analysointia. FME suunniteltiin alun perin ratkaisemaan perinteisten tietojen muuntamisen menetelmien ongelmia. Perinteiset ohjelmistot, joita käytettiin tietojen muuntamiseen, olivat usein rajoittuneita. Tämä johti merkityksen katoamiseen prosessoinnissa. FME tukee yli 450 tiedosto- ja tietomuotoa, kuten esimerkiksi GIS-, CAD- ja pilvitalennusmuotoja. Ohjelmisto mahdollistaa tietojen muuntamisen tarkasti ja saumattomasti yhdestä tiedostomallista toiseen, kuten kuviossa 1 on esitetty. (FME 2024.)



Kuvio 1. FME-datamuunnos (FME 2024)

3.1 FME:n ominaisuudet

FME yhdistää tietoja eri lähteistä, tukee monimutkaisia yhdistämis- ja sulautustoimintoja sekä tarjoaa visuaalisen työympäristön. Käyttäjät voivat luoda työnkulkuja ilman laajaa ohjelmointiosaamista, eli se soveltuu hyvin esimerkiksi kuntien työntekijöille, joilla ei ole alan koulutusta. Lisäksi työnkulut voidaan automatisoida, mikä tehostaa toistuvia tehtäviä. Kunnat ja kaupungit voivat käyttää ohjelmistoa paikkatietojen yhdistämiseen, yritykset asiakasdatan muuntamiseen ja organisaatiot automatisoimaan tietojen päivitykset ja raportointiprosessit. FME on arvokas työkalu käyttäjille, jotka käsittelevät suuria määriä tietoa ja tarvitsevat

tehokkaita ja joustavia ratkaisuja tietojen muuntamiseen, integrointiin ja analysointiin. (FME 2024.)

3.2 Sovellusautomaatio

Sovellusautomaatio tunnetaan myös nimellä ohjelmistoautomaatio. Sillä tarkoitetaan käytäntöä luoda ohjelmistosovelluksia, jotka vähentävät tai poistavat ihmisen puuttumisen toistuviin ja aikaa vieviin tehtäviin (Singh 2024). Automaation käyttäminen manuaalisen työn sijaan poistaa ihmisille ominaisia virheitä, nopeuttaa työn tahtia ja vapauttaa työntekijän tekemään muuta korkeamman prioriteetin työtä, joka on pakko tehdä manuaalisesti. Automaation kautta suoritettavat prosessit toimivat taustalla halutulla tavalla (IBM 2024).

Tässä opinnäytetyössä automaatio pitää sisällään kaiken aineiston esikäsittelyn, johon kuuluu paikkatiedon yhtenäistäminen. Vaurioinventaariossa automatisoidaan vauriotyyppien muuntaminen haluttuihin luokkiin. Lisäksi aineiston muuntaminen pistetiedostosta linjatiedostoihin sekä attribuuttien kopioiminen uuteen muotoon on automatisoitu. Prosessoinnin viimeisenä vaiheena on aineiston uloskirjoitus, joka on myös automaattinen prosessi.

3.3 Prosessointiketju

Tietojenkäsittelyssä prosessointiketju viittaa tehtävien sarjaan, jotka toimivat automaattisesti tietyssä järjestyksessä. Näiden vaiheiden seurauksena lähtömateriaali muokataan halutuksi lopputuotteeksi. Prosessointiketjun vaiheet alkavat lähtömateriaalista, jota käsitellään ja muokataan useissa eri peräkkäisissä vaiheissa, joista jokainen vie syötteen, suorittaa halutun toimenpiteen ja tuottaa tuoksen seuraavalle vaiheelle. Jokainen ketjun vaihe muokkaa aineistoa ennalta määrätyllä tavalla. Prosessointiketju voi olla yksinkertainen tai hyvinkin monimutkainen lähtöaineistosta ja lopputuotteesta riippuen. Tässä opinnäytetyössä prosessoinnin vaiheita on vielä suhteellisen vähän, kun puhutaan kymmenistä eri prosesseista.

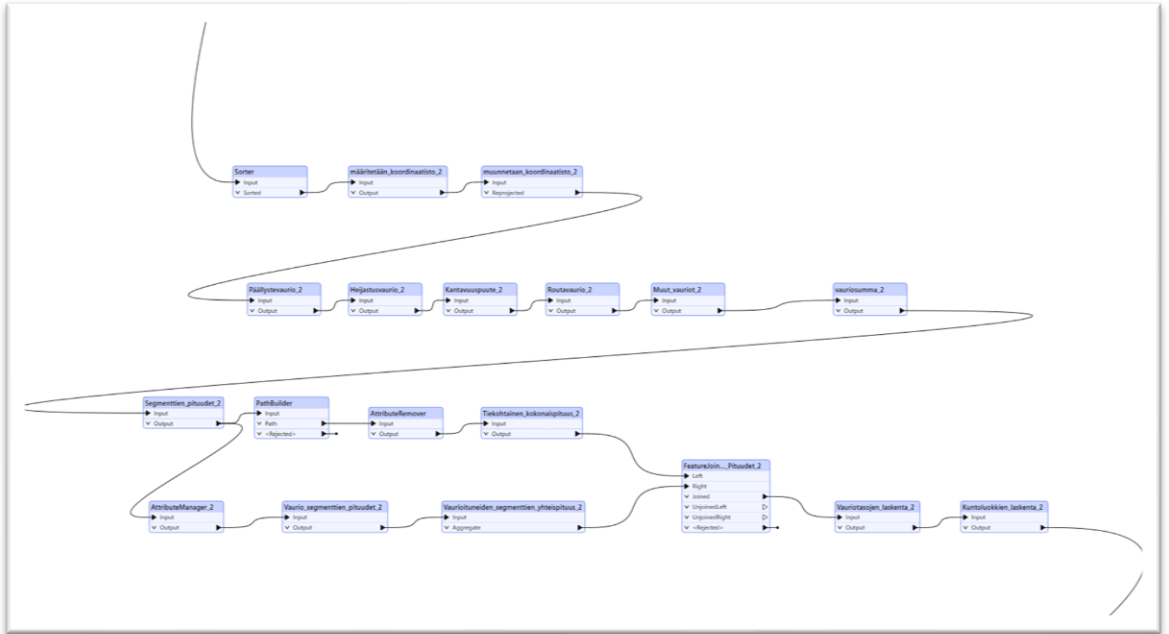
4 AINEISTON PROSESSOINTI FME-OHJELMISTOLLA

Lähtöaineiston tiedostomuoto riippuu hyvin pitkälle aineiston tuottajan mieltymyksistä. Erilaisia prosessointiin soveltuvia tiedostomuotoja on monia, ja prosessointia tulee muokata lähtöaineiston mukaan. Lisäksi lähtöaineiston sisältävässä dataassa on aina eroja. Tämä riippuu hyvin pitkälti aineiston tuottajan omista tavoitteista ja vaatimuksista. Lisäksi tähän voi vaikuttaa aineiston keruumenetelmä ja versiopäivitykset. Tämän opinnäytetyön automaattiseen prosessointiin on valittu Marjetas Academy Oy:n aikaisemmin käyttämiä aineiston tuottajia ja heidän aineistojaan. Tästä syystä prosessointiketjumalleja tuotetaan kolme erilaista, joista jokainen soveltuu nimenomaan kyseisen lähtöaineiston prosessointiin. Tämä prosessointi on myös kyseiseen ajanjaksoon sidottua, koska pitemmällä aikavälillä lähtöaineistojen keruuprosesseissa tulee muutoksia. Tämä vaikuttaa myös suoraan tuotettuun dataan. Eli tuotetut automaattiset prosessointiketjut soveltuvat suoraan vuonna 2023 kerättyihin aineistoihin, mutta ne eivät välttämättä sovellu suoraan myöhemmin kerättäviin aineistoihin. Voidaan olettaa, että huomattavia muutoksia ei tehdä lähtöaineistoihin tulevaisuudessa, mutta ne voivat vaatia hienosäätöä jatkokäsittelyssä.

4.1 Eri prosessointiketjujen kuvaukset

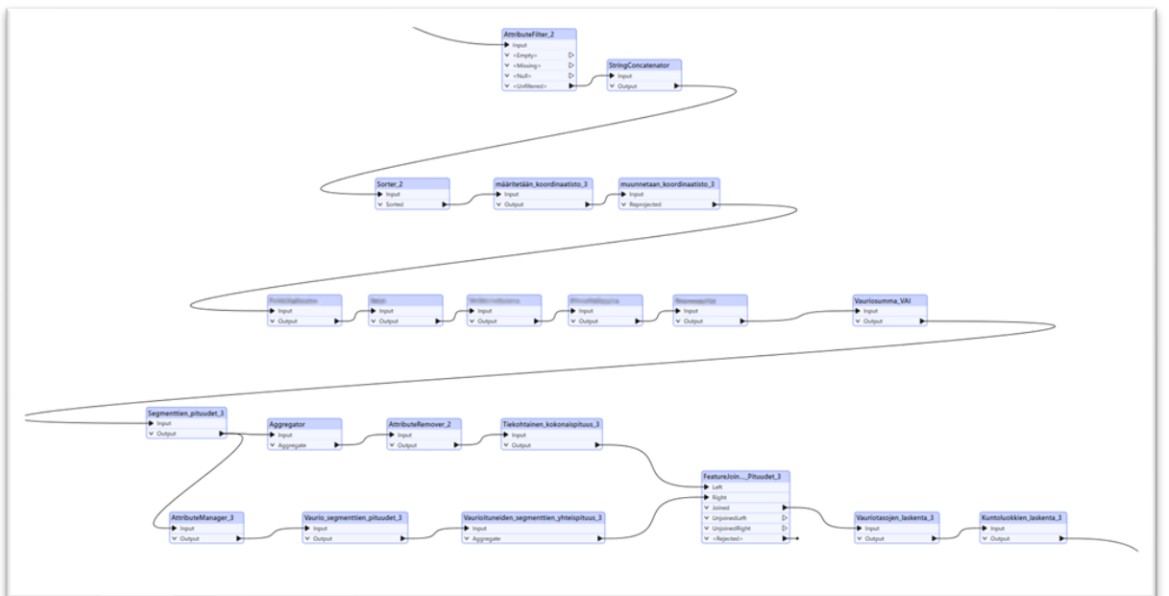
FME:ssä rakennetut prosessointiketjut on luotu palvelemaan Marjetaksen organisaatiota, kun he ovat yhteistyössä valittujen lähtöaineistojen tuottajien kanssa. Tästä syystä prosessointiketjuja on kolme erilaista, ja ne on esitetty tässä opinnäytetyössä FME tuotteina: Flowity AI, Roadscanners ja Vaisala AI. Prosessointiketju on jaettu viiteen eri vaiheeseen: lähtöaineiston sisäänkirjoitus, aineiston alkukäsittely, vauriosumman laskenta, kuntoluokkien määrittäminen sekä valmiin tuotteen uloskirjoitus. Kaikkien kolmen ketjun vaiheet käydään läpi yhtä aikaa. Ensin esitellään kaikille yhteiset prosessoinnit ja niiden jälkeen käydään läpi poikkeavuudet ja ylimääräiset prosessoinnin vaiheet.

Kuviossa 2 on visuaalinen esitys Flowityn lähtöaineistolle luodusta prosessointiketjusta. Prosessointiketju koostuu yhteensä 31 eri prosessista, kun lasketaan mukaan lähtöaineiston sisäänkirjoitus sekä prosessoidun aineiston uloskirjoitus.



Kuvio 3. Roadscannersin lähtöaineistolle luotu prosessointiketju

Kuviossa 4 on visuaalinen esitys Vaisalan lähtöaineistolle luodusta prosessointiketjusta. Prosessointiketju koostuu yhteensä 23 eri prosessista, kun lasketaan mukaan lähtöaineiston sisäänkirjoitus sekä prosessoidun aineiston uloskirjoitus. Osa prosessoinnin vaiheista on sumennettu prosessoinnin salassa pidettävän sisällön piilottamiseksi.



Kuvio 4. Vaisalan lähtöaineistolle luotu prosessointiketju

4.2 Lähtöaineiston sisäänkirjoitus

Aineistoja voidaan toimittaa missä tahansa muodossa prosessointia varten. FME tunnistaa suurimman osan tiedostotyypeistä, ja niitä voidaan käyttää suoraan prosessoinnissa. Tässä opinnäytetyössä käytettävät aineistot on toimitettu joko CSV tai Shapefile muodossa. Lähtöaineiston prosessointi aloitetaan datan sisäänkirjoittamisesta. Tiedosto avataan FME-ohjelmiston "Reader" työkalulla. Tiedosto avataan työkalulla kohdekansiota ja sille määritetään polku sovellukseen. Tämä toimii myös automaattisesti projektin työtilan tallennuksen kohdekansiona. Lähtöaineiston sisäänkirjoitusvaiheessa tulee määrittää, mistä attribuuttisarakkeista ohjelmisto lukee datan X- ja Y- koordinaatit.

4.3 Aineiston alkukäsittely

Kaikille eri aineistoille kannattaa tehdä erilaisia tarkistavia prosesseja heti ketjun alkuvaiheessa. Näillä pystytään poistamaan ylimääräistä virhedataa, muokkaamaan datan järjestystä tai lisäämään tunnisteita. Tässä opinnäytetyössä käytettäviin lähtöaineistoihin on jouduttu tekemään useita eri muokkauksia prosessointiketjun alkuvaiheessa, ennen kuin on pystytty laskemaan valmiita tuloksia. Lähtöaineistoista on tarkistettu, että datassa ei ole duplikaatti pisteitä. Tämä tarkistus on hyvä tehdä, jos on epäily ylimääräisestä datasta. Lisäksi aineisto on hyvä järjestää uudelleen attribuuttitaulukossa. Aineisto tulee järjestää mittausajankohdan mukaisesti. Tällä tavalla kaikki mittauslinjat saadaan taulukkoon kadun alusta loppuun. Tämä on äärimmäisen tärkeää, kun prosessoinnin myöhemässä vaiheessa lasketaan linjojen pituuksia. Prosessointiketjuun on myös hyvä lisätä attribuuttien suodatus työkalu. Jos on heti alussa tiedossa, että lähtöaineistossa on virheellistä tai korruptoitunutta dataa, ne voidaan poistaa ja jättää tuloksien ulkopuolelle.

Kaikille aineistoille tulee määrittää yhteinen käytettävä koordinaatisto. Tämä määräytyy halutun lopputuotteen mukaisesti. Lähtöaineistossa käytettävä koordinaatisto on yksi metatiedoista, joka pitää tietää ennen prosessoinnin aloittamista. Jos koordinaatisto on tiedossa, se voidaan kirjata prosessoinnin vaiheena. Kun lähtöaineiston koordinaatisto on määritetty, sitä pystytään muokkaamaan. Kaikki aineistot muunnetaan valtakunnalliseen ETRS89 / TM35FIN (EPSG:3067)

koordinaatistoon. Käyttämällä yhtenäistä valtakunnallista koordinaatistoa varmistetaan, että valmis tuote on helposti sovellettavissa missä tahansa.

Alkukäsittelyn viimeisenä vaiheena lähtöaineistolle pitää luoda tiekohtainen ”kohde_id”. Käytännössä jokaisen kadun sisältämällä piste-/ viivadatalla tulee olla tiekohtainen ryhmätunnus. Tämä toimii koko prosessointiketjun ajan kadun sisäisenä ryhmittelyä.

4.4 Vauriosumman laskeminen

Lähtöaineistojen vaurioarvot ja vauriotyypit eivät ole aina täysin samat kuin Marjetas Academy Oy:n käyttämät. Tästä syystä niitä joudutaan muokkaamaan erilaisilla laskukaavoilla, jotta saadaan yhtenäinen haluttu lopputulos. Kaikki tässä opinnäytetyössä käytetyt lähtöaineistot joudutaan muokkaamaan omilla kaavoilla. Yksikään niistä ei ole täysin samanlainen. Flowityllä ja Vaisalalla käytössä olevia vauriotyyppejä on enemmän kuin Marjetaksella, joten niitä joudutaan yhdistelemään ja kohdentamaan lopputuloksen saamiseksi. Näitä kaavoja ei kuitenkaan voida esittää tässä opinnäytetyössä salassapito velvollisuuden takia.

Välivaiheena saadaan laskettua kaikille katu osuuksille arvot: päällystevauriolle, heijastusvauriolle, kantavuuspuutteelle, routavauriolle sekä muille vaurioille. Kun nämä vaurioluvut ovat tiedossa, niiden pohjalta voidaan laskea vauriojaksokohmainen vauriosumma Taulukon 1. painokertoimien mukaisesti.

4.5 Kuntoluokan määrittäminen

Katujen kuntoluokat voidaan laskea, kun katukohtaisesti lasketaan vaurioituneiden vauriojaksojen pituus suhteessa koko kadun pituuteen. Käytännössä siis lasketaan yhteen kaikkien vauriojaksojen pituus, joiden vauriosumma on 2 tai yli. Kun tämä vaurioitunut tien pituus jaetaan koko kadun pituudella, saadaan suoraan prosentuaalinen vaurioitumisen määrä Taulukon 2. mukaisesti.

Flowityn lähtöaineisto on muista poiketen pistemuodossa, joten nämä pisteet joudutaan muuntamaan 5 metrin linjageometrioiksi. Tämän jälkeen pisteiden metatiedot kopioidaan luotuihin linjoihin. Tämän jälkeen pystytään laskemaan katukohtainen kuntoluokka.

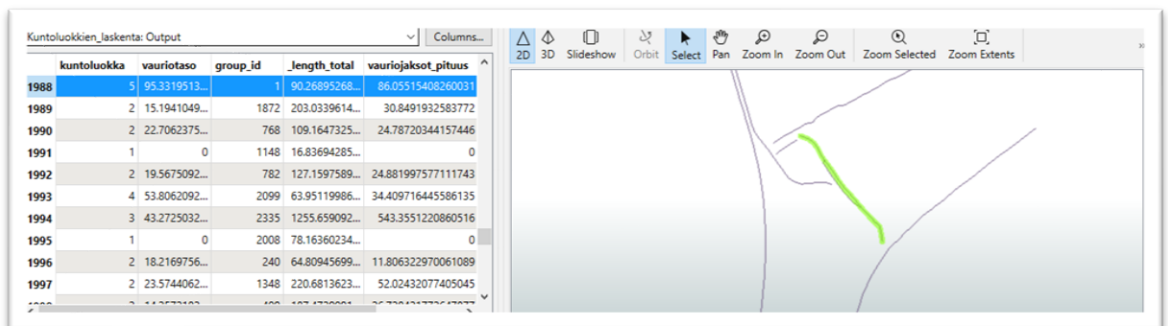
4.6 Tuotoksen uloskirjoitus

Kun kaikkien katujen kuntoluokat ovat tiedossa, aineisto kirjoitetaan ulos FME-ohjelmistosta. Tämä onnistuu yksinkertaisesti valitsemalla prosessointiketjun loppuun "Writer" työkalu. Tähän työkaluun määritetään, missä muodossa aineisto kirjoitetaan ulos. Tässä voidaan käyttää mitä tahansa paikallisesti tallennettavaa tiedostoformaattia kuten esimerkiksi Shapefile. Aineisto voidaan myös kirjoittaa ja tallentaa suoraan serverille. Marjetaksella on käytössä oma serveri tämän tyyppisille aineistoille, joten tuotettu aineisto voidaan viedä automaattisesti sinne.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteita oli lähtökohtaisesti kaksi: selvittää FME-ohjelmiston soveltuvuus kuntokartoitusaineiston automaattiseen prosessointiin sekä tehostaa kuntokartoitusaineiston prosessointia automaation kautta. Tämän kehitystyön valmistuttua voidaan tehdä suora johtopäätös, että molemmat näistä tavoitteista on onnistuneesti saavutettu.

FME soveltuu erittäin hyvin tämän tyyppisen aineiston prosessointiin. Ohjelmiston helppokäyttöisyys ja tehokkuus mahdollistavat lähtöaineiston prosessoinnin loogisesti ja oikeaoppisesti. Tulokset vastaavat täysin manuaalisesti prosessoidun kuntoaaineiston tuloksia. Lähtöaineisto on helppo syöttää FME työtilaan ja työtila tuottaa haluttuja tuloksia halutussa muodossa. FME-ohjelmistoa pystyy myös käyttämään itsessään datan analysointiin ja havainnollistamiseen. Kuviossa 5 esitetään prosessoitu valmis aineisto, josta käy selkeästi ilmi katukohtainen kuntoluokka, vaurioitumisen taso sekä informatiivinen karttakuva.



kuntoluokka	vauriotaso	group_id	length_total	vauriojaksot_pituus	
1988	5	95.3319513...	1	90.26895268...	86.05515408260031
1989	2	15.1941049...	1872	203.0339614...	30.8491932583772
1990	2	22.7062375...	768	109.1647325...	24.78720344157446
1991	1		0	1148	16.83694285...
1992	2	19.5675092...	782	127.1597589...	24.881997577111743
1993	4	53.8062092...	2099	63.95119986...	34.409716445586135
1994	3	43.2725032...	2335	1255.659092...	543.3551220860516
1995	1		0	2008	78.16360234...
1996	2	18.2169756...	240	64.80945699...	11.806322970061089
1997	2	23.5744062...	1348	220.6813623...	52.02432077405045

Kuvio 5. Valmis prosessoitu aineisto

Aineiston käsittelyyn kuluva aika laski myös huomattavasti. Normaalisti tämän tyyppisten kuntokartoitusaineistojen käsittelyssä meni päiviä, joskus jopa viikkoja lähtöaineiston tuottajan mukaan. Nyt aineistojen prosessointiin meni vain alle 10 minuuttia. Tulee kuitenkin huomioida, että näin lyhyt prosessointiaika on saavutettavissa vain näihin kyseisiin lähtöaineistotyyppisiin. Eri organisaatioiden aineistot päivittyvät pidemmällä aikavälillä pakosta. Niihin tehdään erilaisia päivityksiä ja mahdollisia lisäyksiä. Lisäksi aineiston metatiedoissa ja niiden rakenteissa voi olla odottamattomia muutoksia, kuten esimerkiksi otsikointia on muutettu. Jos lähtöaineiston tuottaja tekee tahallisia muokkauksia tuotetun aineiston

rakenteeseen, siitä olisi hyvä ilmoittaa jatkokäsittelijälle. FME:n tyyppinen prosessointiketju joudutaan muokkaamaan lähtöaineistoon sopivaksi lähes jokainen kerta, kun uutta aineistoa käsitellään. Jos muokkauksia joudutaan tekemään, niin niihin joudutaan varaamaan jonkin verran lisätyötunteja. Muokkaukset ja itse aineiston prosessointi pitäisi onnistua kuitenkin alle yhdessä päivässä. Ja tämä työn määrä on silti paljon vähemmän, kuin perinteinen manuaalinen prosessointi.

Eri prosessointiketjuja vertaillen ilmeni jonkin verran eroja prosessointi vaiheissa. Huomattavimmat erot lähtöaineistoissa prosessoinnin näkökulmasta olivat: aineiston tiedostomuoto, aineiston geometria sekä vauriotyyppien erot. Mutta nämä erot olivat juuri se syy, miksi tähän opinnäytetyöhön valittiin useampi lähtöaineisto. Eri aineistoilla oli eri vaatimukset muokkausten osalta. Lisäksi monipuolinen aineisto mahdollisti erilaisten prosessointityökalujen hyödyntämisen. Monipuolisuuden takia tässä kehitystyössä päästiin harjoittamaan ongelmanratkaisua eri näkökulmista. Jos lähtöaineistoja olisi ollut vain yksi, olisi ongelmiin lähestyminen tapahtunut hyvin yksinkertaisesti. Monipuolinen lähestyminen antoi paljon laajemman kuvan koko prosessista ja siinä esiintyvistä ongelmista. Tämän takia kertynyttä osaamista ja tietämystä on paljon helpompi soveltaa tulevaisuudessa saman tyyppisessä työskentelyssä. Kaiken kaikkiaan eri prosessointiketjuissa käytettiin 33 eri prosessointityökalua. 21 näistä käytettiin kahdessa tai useammassa eri prosessointiketjussa. Tämä tarkoittaa sitä, että n. 64 % prosessointityökaluista pystyttiin soveltamaan useammassa ketjussa. Ne ovat siis välttämättömiä prosessoinnin vaiheita, jotka kuuluvat kokonaisvaltaisesti kuntokartoitusaineiston prosessointiin. Loput n. 36 % prosessointityökaluista olivat suoraan sovellettuja yhteen prosessointiketjuun, jossa se oli välttämätön osa kyseistä prosessointia.

Lähtöaineistojen erot muodostuvat paikkatiedotuksen tarkkuudesta, kameralla kuvatun videon tai kuvien tarkkuudesta sekä vauriodatan tarkkuudesta. Lähtökohteisesti paikkatiedossa esiintyy aina virheitä, kun suoritetaan mittauksia liikkuvasta ajoneuvosta. Oli kyseessä sitten automaattisesti tulkitseva kamerajärjestelmä tai ihmisen suorittama vaurioanalyysi. Kaupunkien keskusta alueilla esiintyy aina isoimpia virheitä GPS datassa, koska alueille on rakennettu korkeita kerrostaloja ja muita esteitä. Tämä on muuttuja, jota ei pystytä korjaamaan nykytek-

nologian tasolla. Tietenkin käytössä olevan laitteen ominaisuuksilla voidaan vaikuttaa GPS datan laatuun jonkin verran. Jos kartoituksissa käytetään esimerkiksi puhelimen kameraa ja paikkatietojärjestelmää, siinä ilmenee enemmän puutteita, kuin ammattitason GPS laitteissa, jotka on nimenomaan suunniteltu kyseiseen tarkoitukseen. Kameroiden tuottama visuaalinen datan keräys riippuu hyvin pitkälle mittauksen suorittaman yksikön budjetista. Paremmalla kameralla saadaan aina tarkempaa kuvaa kadun pinnasta. Kun kuvanlaatu on tarkempi, siitä saadaan paremmin eriteltyä vaurioita. Ja tämä pätee kaikkiin eri kuntokartoitusmenetelmiin. Yleensä ammattimaisilla mittausorganisaatioilla on kalliimmat ja tarkemmat kamerat, jotka mahdollistavat laadukkaamman datan keruun.

Lähtöaineistojen luotettavuuteen ja tarkkuuteen ei tarvitse tässä opinnäytetyössä ottaa kantaa kovinkaan paljoa, koska alkudatan puutteita voidaan täydentää prosessoinnin eri vaiheissa. Marjetaksella on huomattu, että konenäköperusteinen data ei ole ainakaan vielä yhtä luotettavaa, kuin syyperusteinen data. Konenäkö ei pysty tuottamaan yhtä luotettavaa tulkintaa vaurioiden määrästä ja vakavuudesta, kuin asiantunteva ihminen. On arvioitu, että konenäköperusteinen data osuu oikeaan tulkintaan 75 % - 92 % tapauksista. Ihmisen tekemä tulkinta osuu oikeaan lähes 100 % tapauksista, mutta tässä pitää ottaa huomioon ihmisen tekemät virheet, joita ei pystytä poistamaan kokonaan. Asiantunteva ihminen pystyy tunnistamaan ja tulkitsemaan vaurioiden syitä, eli minkä takia esiintyvä vaurio on syntynyt. Tästä voidaan tehdä johtopäätöksiä ja laajempia tulkintoja vaurioiden aiheuttajista isommassa mittakaavassa. Tietokone pystyy kyllä tulkitsemaan näkemäänsä visuaalista dataa, mutta se ei pysty syyperusteisesti määrittämään miksi vaurioita esiintyy. Esimerkiksi kadun kuivatukseen liittyviä muuttujia ei pystytä vielä tulkitsemaan automaattisesti.

Toisaalta, kun verrataan konenäköperusteisen kartoituksen kustannustehokkuutta syyperusteisen kartoitukseen, voidaan suoraan sanoa, että se on halvempaa. Konenäköperusteiseen analyysiin tuotettava aineisto voidaan kerätä melkein mistä tahansa liikkuvasta kalustosta. Sitä voidaan kerätä autoista, polkupyöriltä tai kävellessä. Lisäksi kuka tahansa pystyy lähtökohtaisesti keräämään dataa. Tässä tulee vain huomioida, että kaikki aineisto kerätään yhteisten standardien mukaisesti, jotta datan laatu pysyy vaaditulla tasolla. Lisäksi näitä kartoituk-

sia voidaan tehdä paljon tiheämmin, kuin syyperusteisia kartoituksia. Kuntokartoitusta ei voida tehdä nykyisessä toimintakentässä joukkoistamalla tavallisia kansalaisia, koska kerättyä dataa ei pystytä sitomaan katujen keskiliinjaan. Pistemuotoista vauriodataa pystytään keräämään joukkoistamalla ihmisiä erilaisilla houkuttimilla, kuten esimerkiksi rahallinen korvaus. Näistä pistemäisistä vaurioista hyviä esimerkkejä ovat kaivonkannet tai liikennemerkkit.

Pidemmällä aikavälillä Marjetas Academy Oy:n kuntokartoitus palvelee Kuntokierre® tuotetta. Kuntokierre® on Marjetas Academy Oy:n tavoitteellinen ja enakoiva omaisuudenhallinnan johtamispalvelu. Valmista kuntokartoitusta voidaan hyödyntää korjausvelkalaskelmissa.

FME:llä tavoiteltava aineiston käsittely voidaan myös suorittaa QGIS-ohjelmistolla. QGIS-ohjelmistolla aineiston käsittely on huomattavasti hitaampaa, kuin FME:llä. QGIS vaatii käyttäjältä laajemman käytännön osaamisen ja ymmärtämisen aiheesta ja prosessoinnin vaiheista. Tämän takia FME on paljon sopivampi vaihtoehto esimerkiksi kuntien henkilöstöille, joilla ei välttämättä ole alan koulutusta.

LÄHTEET

Flowity AB 2024. Detect pavement maintenance needs with AI. Viitattu 08.11.2024 <https://www.flowity.com/solutions/flowity-road-analysis>.

FME 2024. What is FME? Viitattu 14.11.2024 https://docs.safe.com/fme/html/FME-Form-Documentation/FME-Form/Workbench/What_is_FME.htm.

Gaudenz, B. 2024. Image recognition: The basics and use cases (2025 guide). Viitattu 09.11.2024 <https://viso.ai/computer-vision/image-recognition/>.

IBM 2024. What is automation? Viitattu 14.11.2024 <https://www.ibm.com/topics/automation>.

Knuuti, M., Sirvio, K. & Kaal, T. 2022. T-OMHA / Kävely- ja pyöräilyväylien kunnonhallinnan kehittäminen: Projektiraportti. Väyläviraston julkaisuja 43/2022. Viitattu 15.11.2024 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-317-980-6>.

Marjetas Academy Oy 2021. Katujen syyperusteinen kuntoarviointi: Menetelmäkuvaus.

Rantanen, J. 2014. Korjausvelan laskentaperiaatteiden määrittelyshanke. Viitattu 27.11.2024 <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2014/1629-korjausvelan-laskentaperiaatteiden-maarityshanke>.

Singh, B. 2023. What is software automation? Optimize the software lifecycle with intelligent automation. Viitattu 14.11.2024 <https://www.dynatrace.com/news/blog/what-is-software-automation/>.

Tekoalyaika.fi 2024. Mikä on tekoäly. Viitattu 15.11.2024 [Mikä on tekoäly - Tekoalyaika.fi](https://tekoalyaika.fi).

Väylävirasto 2021. Päälystettyjen teiden kuivatuspuutteiden kartoittaminen. Viitattu 08.11.2024 https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-06_kuivatuspuutteiden_kartoittaminen_web.pdf.

LIITTEET

Liite 1. Vauriotyyppien visuaaliset havainnekuvat

Liite 1. Vauriotyyppien visuaaliset havainnekuvat



Kuva 1. Kantavuuspuute vaurioluokka 1



Kuva 2. Kantavuuspuute vaurioluokka 2



Kuva 3. Kantavuuspuute vaurioluokka 3



Kuva 4. Routavaurio vaurioluokka 1



Kuva 5. Routavaurio vaurioluokka 2



Kuva 6. Routavaurio vaurioluokka 3



Kuva 7. Heijastusvaurio vaurioluokka 1



Kuva 8. Heijastusvaurio vaurioluokka 2



Kuva 9. Muut vauriot vaurioluokka 1



Kuva 10. Muut vauriot vaurioluokka 2



Kuva 11. Muut vauriot vaurioluokka 3