

SITOWISE ubigu

Kaavojen liikennevaikutusten arviointi DECCI

LOPPURAPORTTI
14.10.2026



Euroopan unionin
osarahoittama



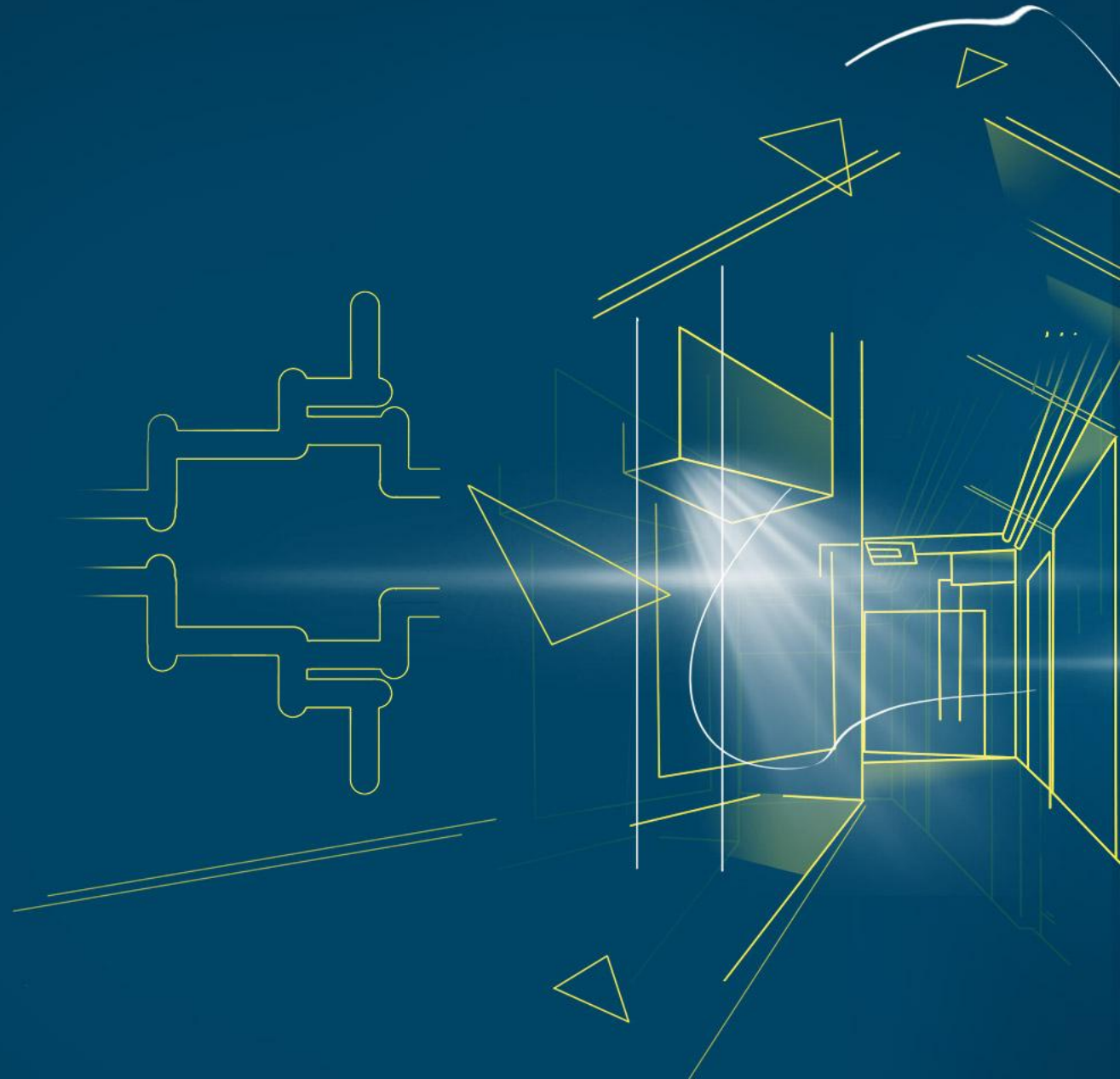
PIRKANMAA
COUNCIL OF TAMPERE REGION

SISÄLTÖ

1. Hankkeen taustat, lähtökohdat ja tavoitteet	s. 4-5
2. Kaavojen vaikutusmahdollisuudet ja kytkentä päästöihin	s. 6-8
3. Selvitysprosessi	s. 10
4. Arviointikehikko ja indikaattorit	s. 11-14
5. Työkalun teoreettiset lähtökohdat ja toimintaperiaate	s.16-17
6. Työkalun tiedot ja aineistot	s. 18
7. Työkalun Proof of Concept – toteutuksen kuvaus	s. 20-21
8. Työkalun rajaukset ja toteutuspolku	s. 22-24
9. Työkalun testaus ja arviointi	s. 25-28
10. Selvityksen yhteenveto ja päätelmät	s. 30

SITOWISE

Lähtökohdat ja tavoitteet



Tausta ja lähtökohdat

Liikenteen päästövähennystavoitteiden saavuttaminen edellyttää systemaattista ymmärrystä siitä, miten maankäytön ratkaisut ohjaavat liikkumista ja liikenteen päästöjen muodostumista. Liikenteen päästöt muodostuvat liikennesuoritteesta ja ajoneuvojen yksikköpäästöistä. Kaavoitus on keskeinen väline, jolla ihmisten liikkumistarpeeseen ja edellä mainittuihin tekijöihin voidaan vaikuttaa pitkällä aikavälillä ohjaamalla yhdyskuntarakennetta, palvelujen sijoittumista ja saavutettavuutta.

Liikenteen päästöjen arvioimiseksi on olemassa runsaasti menetelmiä ja työkaluja, mutta niiden käytettävyys kaavatyön alkuvaiheessa on usein rajallinen. Arviointimenetelmät voivat olla raskaita, vaatia paljon lähtötietoja tai tuottaa näennäistarkkoja tuloksia, joiden tulkinta edellyttää erityisosaamista. Käytännön kaavatyössä keskeinen haaste onkin, että vaikutuksia tulisi pystyä arvioimaan jo varhaisessa vaiheessa, jolloin suunnitelmiin voidaan vielä vaikuttaa, mutta toisaalta käytettävissä oleva tieto ja aika ovat rajallisia.

Tämän työn lähtökohtana on tunnistaa tarve kevyemmälle ja käytännönläheiselle arviointitavalle, joka tukee kaavojen valmistelua erityisesti strategisessa ja yleispiirteisessä suunnittelussa. Arvioinnin tulee olla riittävän yksinkertaista, jotta sitä voidaan hyödyntää suunnitteluprosessin eri vaiheissa, mutta samalla niin informatiivista, että se auttaa tunnistamaan keskeiset vaikutusmekanismit.

Työ pohjautuu Tampereen kaupungille myönnettyyn EAKR-rahoitukseen ”kaavatalouslaskennan digitalisointi ja älykäs vähähiilisyys” (DECCI) -hanketta varten. Työ on toteutettu osana DECCI-hankesuunnitelman mukaista työpakettia 3 (kaavatalouden ja liikennesuoritteiden elinkaaritarkastelut tekoälyä hyödyntäen) sisältäen myös osia työpaketista 2 (kaavataloustyökalun Proof of Concept -toteutus).

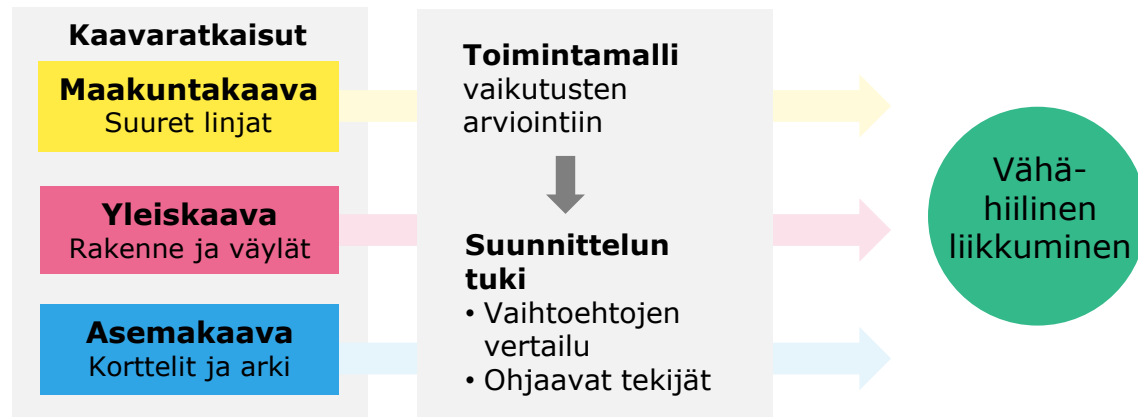
Työ on toteutettu vuonna 2026. Työn tilaajana on ollut Tampereen kaupunki ja toteutuksesta ovat vastanneet Sitowise Oy ja Ubigu Oy.

Hankkeen tavoitteet

Työn tavoitteena on kehittää käytännönläheinen toimintamalli ja siihen perustuva Proof of Concept -työkalu, jonka avulla voidaan arvioida kaavaratkaisujen vaikutuksia liikenteeseen ja sen elinkaaripäästöihin.

Tavoitteena ei ole tuottaa tarkkaa liikenne-ennustemallia, vaan muodostaa yleispiirteinen ja skaalautuva lähestymistapa, joka tukee kaavojen vertailua ja suunnitteluratkaisujen kehittämistä.

Kehitettävän toimintamallin keskeisenä tavoitteena on mahdollistaa eri kaavatasoille soveltuva johdonmukainen arviointi, jossa tarkastellaan kaavaratkaisujen vaikutuksia erityisesti liikennesuoritteeseen ja sen taustalla olevaan kulkutapajakaumaan. Arvioinnin tulee tukea suunnittelua tuottamalla vertailtavaa tietoa eri vaihtoehtoista sekä tunnistamalla tekijöitä, joihin vaikuttamalla voidaan edistää vähähiilistä liikkumista.



Laajemmin liikkumisen päästöjen vähentämiseen kytkeytyy erityisesti seuraavia tavoitteita:

- Liikkumistarve pienenee ja matkat lyhenevät
- Kestävämpien kulkumuotojen osuus matkoista ja suoritteesta kasvaa
- Auton omistamisen tarve vähenee
- Ruuhkautuminen vähenee
- Autokanta muuttuu vähäpäästöisemmäksi
- Liikkumisen teknologiat kehittyvät
- Uusien teiden ja katujen rakentamisen tarve pienenee
- Olemassa olevan infran käyttö tehostuu.

Työssä hyödynnetään olemassa olevia tietolähteitä ja pyritään muodostamaan kevyitä laskennallisia ja laadullisia menetelmiä, jotka ovat sovellettavissa käytännön kaavatyöhön. Lisäksi tavoitteena on hyödyntää tekoälyä erityisesti analyysin ja tulkinnan tukena, jotta työkalun käytettävyys ja tuotettavan tiedon ymmärrettävyys paranevat.

Kaavojen vaikutusmahdollisuudet

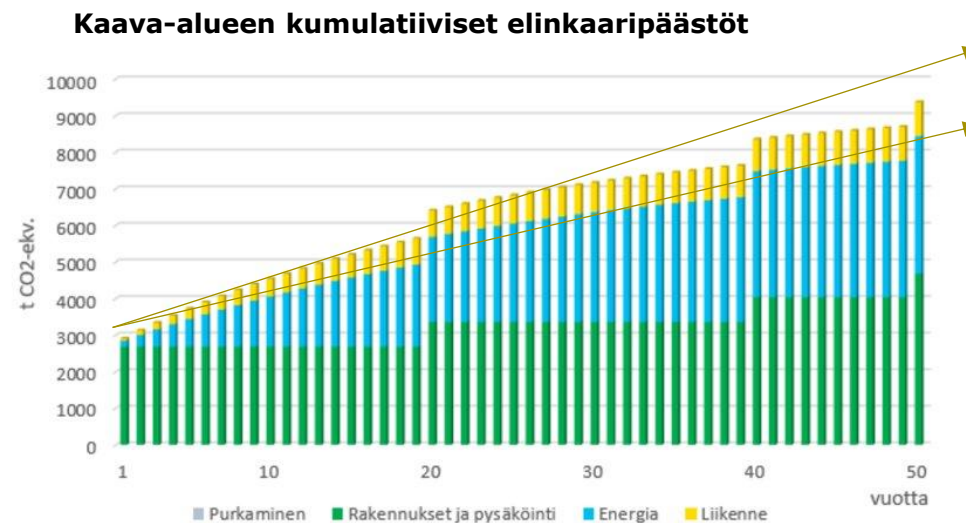
Kaavojen vaikutus liikenteen päästöihin muodostuu useiden toisiinsa kytkeytyvien tekijöiden kautta. Keskeistä on ymmärtää, että kaavoitus ei suoraan määrää liikenteen päästöjä, vaan ohjaa niiden taustalla olevia ilmiöitä, kuten liikkumistarvetta, matkojen pituutta ja kulkutapavalintoja.

Kaava-alueen sijainti suhteessa yhdyskuntarakenteeseen ja keskeisiin palveluihin vaikuttaa merkittävästi alueen liikenteellisiin ominaisuuksiin. Hyvin saavutettavissa olevat ja olemassa olevaan rakenteeseen tukeutuvat alueet lyhentävät matkoja ja parantavat kestävien kulkutapojen edellytyksiä. Vastaavasti hajautunut tai heikosti saavutettava sijainti lisää liikkumistarvetta ja pidentää matkoja.

Maankäytön ratkaisut, kuten toimintojen sekoittuminen ja palvelujen sijoittuminen, vaikuttavat siihen, kuinka paljon ja millä tarkoituksella alueella liikutaan. Monipuolinen ja tasapainoinen palvelurakenne voi vähentää liikkumistarvetta ja ohjata liikkumista kestävämpiin kulkutapoihin. Toisaalta liikennettä voimakkaasti synnyttävät toiminnot voivat lisätä alueen kokonaisliikennesuoritetta.

Asemakaavatasolla voidaan tarkemmin vaikuttaa kulkutapojen väliseen kilpailukykyyn. Kestävien kulkutapojen olosuhteiden, kuten jalankulun ja pyöräilyn verkkojen sekä joukkoliikenteen saavutettavuuden parantaminen suhteessa autoliikenteeseen vaikuttavat olennaisesti eri kulkutapojen käytön houkuttelevuuteen. Samalla esimerkiksi pysäköinnin määrää ja sijoittumista koskevat ratkaisut vaikuttavat auton omistamiseen ja auton käyttöön.

Tässä työssä keskitytään erityisesti siihen, miten edellä kuvatut kaavaratkaisut heijastuvat liikenteen päästöjen muodostumiseen.

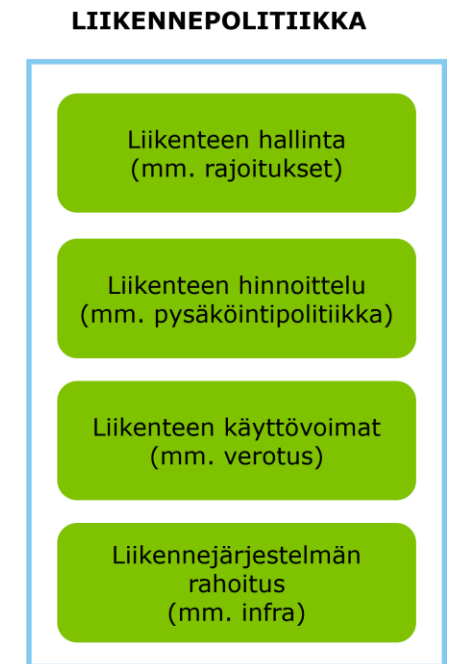
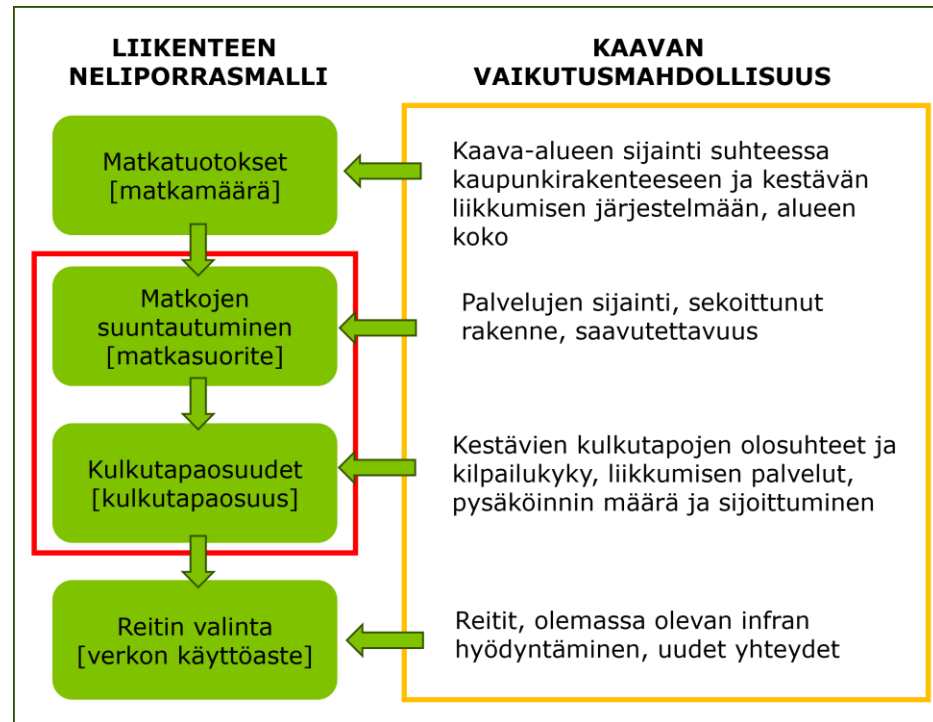


Kaavoituksen kytkentä liikenteen päästöihin

Liikennetarpeen arviointi pohjautuu liikenteen neliporrasmalliin. Matkatuotokset, matkojen suuntautuminen, kulkutapaosuudet ja reitin valinta vaikuttavat lopulliseen kulkutapakohtaiseen liikennesuoritteeseen ja sitä kautta liikenteen päästöihin.

Kaavaa-alueen sijainti luo lähtökohdat kestävän liikkumisen olosuhteille. Kaavaratkaisuilla itsessään voidaan edelleen vaikuttaa matkojen suuntautumiseen ja kulkutapaosuuksiin. Alueen palvelurakenteella voidaan lyhentää kuljettuja matkoja, ja tukemalla kestävien kulkutapojen olosuhteita ja kilpailukykyä parantaa kestävien kulkutapojen houkuttelevuutta.

Liikennepolitiikalla voidaan ohjata myös liikkumista eri tavoin: mm. rajoituksilla, pysäköintipolitiikalla tai verotuksella. Liikennepolitiikalla voidaan vaikuttaa kaavan vaikutusmahdollisuuksiin luomalla paremmat edellytykset vaikuttaa kaava-alueen liikenneympäristöön.



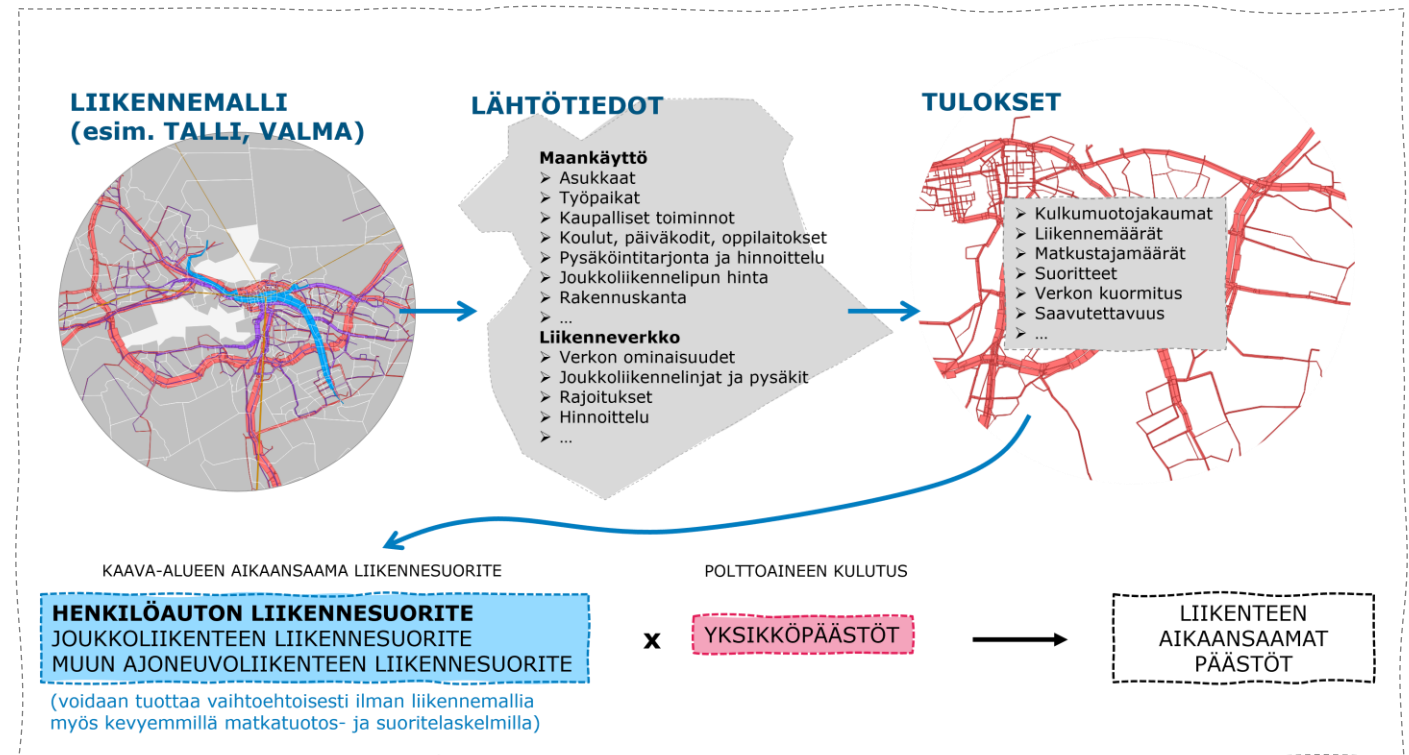
Liikenteen päästökehityksen tyypillinen ennusteprosessi

Uuden kaava-alueen liikennesuoritetta voidaan arvioida esimerkiksi liikennemallin, tai kevyempien arviointiprosessien, kuten matkatuotoslaskelmien perusteella. Laskentaperiaatteet ovat kuitenkin kaikissa tapauksissa yhtenäisiä.

Liikennesuoritteen laskenta perustuu kulkumuotokohtaisiin matkamääriin ja keskimääräisiin matkapituuksiin. Maankäyttö, kuten asukkaiden, työpaikkojen ja palvelujen määrä ja sijoittuminen muodostavat lähtökohdan matkojen määrän arvioinnille. Matkapituudet muodostuvat matkojen suuntautumisen, kulkutapavalintojen ja reittien kautta ja niihin vaikuttavat lisäksi liikenneverkon ja liikennepalvelujen ominaisuudet. Näitä ovat esimerkiksi yhteydet, matka-ajat, joukkoliikenteen tarjonta ja liikkumisen kustannukset.

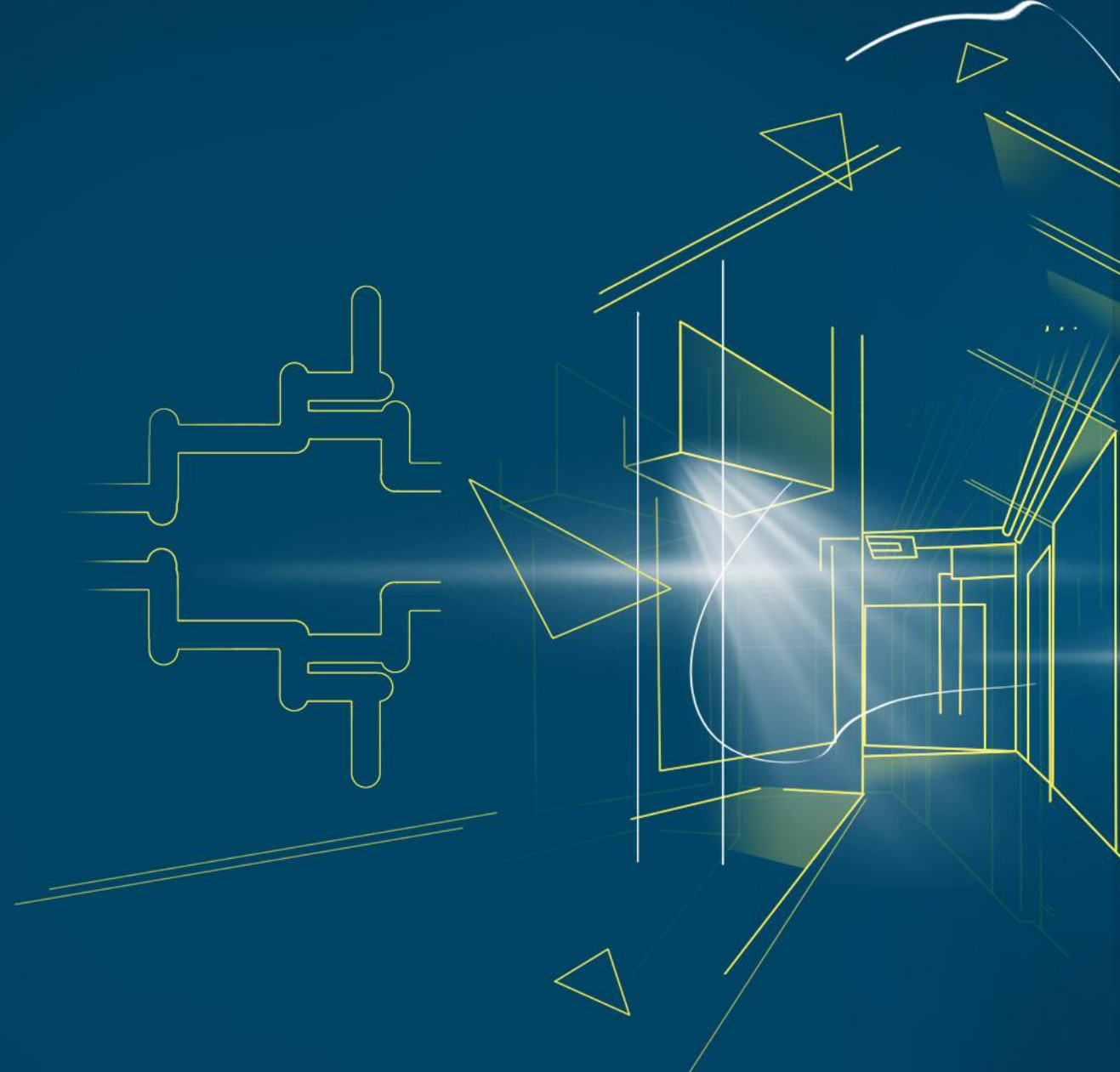
Liikennesuoritteen laskemisen jälkeen liikenteen päästöt lasketaan kertomalla ajoneuvoliikenteen liikennesuorite ajoneuvokantaa kuvaavilla yksikköpäästökertoimilla.

Yksikköpäästöihin vaikuttavat muun muassa ajoneuvotyytit ja käyttövoimat. Lähtökohtaisesti laskenta kuvaa liikenteen käytönaikaisia päästöjä, mutta tapauskohtaisesti voi olla tarkoituksenmukaista huomioida erikseen myös esimerkiksi ajoneuvojen tai polttoaineen valmistuksesta syntyvät päästöt.



SITOWISE

Selvitysprosessi



Selvitysprosessin kuvaus

Työn ensimmäisessä vaiheessa tarkennettiin kestävien liikenneratkaisujen indikaattoreita ja tunnistettiin niistä kaavan kannalta merkittävimmät. Indikaattoreita tarkasteltiin niiden tunnuslukujen, tietolähteiden ja saatavilla olevan datan näkökulmasta sekä arvioitiin niiden soveltuvuutta nyky- ja tavoitetilan tarkasteluun. Samalla arvioitiin, miten indikaattorit soveltuvat erityyppisille kaava-alueille ja eri kaavatasoille.

Ensimmäisen työvaiheen päätteeksi järjestetyssä työpajassa tarkennettiin työkalun käyttötarpeita eri kaavavaiheissa sekä indikaattoreihin liittyviä lähtötietoja. Lisäksi tarkasteltiin, millaista dataa on käytettävissä Pirkanmaan kunnissa. Työpajan perusteella todettiin, että työkalulle on selvä tarve erityisesti strategisessa suunnittelussa ja kaavojen valmistelun alkuvaiheessa. Tässä vaiheessa voidaan arvioida kaavan liikenteellisiä lähtökohtia ja edellytyksiä, kun keskeisiin ratkaisuihin ja kaava-alueen sijaintiin voidaan vielä vaikuttaa.

Työn toisessa vaiheessa suunniteltiin ensimmäisessä työvaiheessa muotoillun toimintamallin ja työkalun ideakonseptin pohjalta tarkempi suunnitelma työkalun toiminnasta ja sen teknisestä toteutuksesta Proof of Concept-toteutusta ja testausta varten.

Suunnitelman pohjalta rakennettiin PoC-tasoinen version työkalusta. PoC-työkalua testattiin todellisella kaava-aineistolla ja testauksessa saatujen tulosten arvioimiseksi järjestettiin työpaja maankäytön suunnittelun asiantuntijoille. Testauksen keskeiset havainnot on kuvattu tässä raportissa. Työkalun teknisen toteutuksen kuvaus ja tarkempi kuvaus saavutetuista tuloksista on dokumentoitu erilliseen raporttiin.



Arviointikehikko ja indikaattorit (1/2)

Arviointikehikon tavoitteena on tunnistaa ne olennaisimmat tekijät, joiden kautta kaavaratkaisut vaikuttavat liikenteen muodostumiseen ja päästöihin. Kehikon avulla voidaan tarkastella niitä tekijöitä, jotka ovat kaavoituksella ohjattavissa ja siten tukevat paremmin suunnitteluratkaisujen kehittämistä ja vaihtoehtojen vertailua.

Arviointikehikko muodostuu joukosta indikaattoreita, jotka kuvaavat kaava-alueen sijaintia, maankäytön ominaisuuksia sekä liikennejärjestelmän edellytyksiä. Indikaattoreita on jäsennelty teemoittain siten, että ne kattavat keskeiset vaikutusmekanismit ja ovat mahdollisimman hyvin johdettavissa kaavatyössä käytettävistä aineistoista.

Keskeiset indikaattoriteemat ovat:

- kaava-alueen sijainti ja asema yhdyskuntarakenteessa
- väestön ja työpaikkojen määrä sekä tiheys
- toimintojen sekoittuminen ja palvelujen saavutettavuus
- kestävien kulkutapojen edellytykset ja kilpailukyky
- liikenneverkkojen ja pysäköintiratkaisujen ominaisuudet.

PoC-Toteutuksessa käytettiin resurssien rajallisuuden takia hieman karkeampaa teemajakoa, joka kuitenkin noudattaa esitettyä teemajakoa keskeisin osin.

Indikaattorien valinnassa on korostettu käytettävyyttä ja saatavilla olevan datan hyödyntämistä. Tavoitteena ei ole kattava tai täysin tarkka kuvaus alueen synnyttämästä liikenteestä, vaan sellaisten tunnuslukujen muodostaminen, jotka kuvaavat riittävällä tarkkuudella kaavaratkaisun vaikutussuuntaa eri kaavatasoilla. Indikaattoreiden tulee olla myös vertailukelpoisia, jotta eri vaihtoehtojen vaikutuksia voidaan arvioida johdonmukaisesti.

Arviointikehikossa indikaattoreita käytetään kahdella tasolla. Ensinnäkin niiden avulla muodostetaan kvantitatiivisia tunnuslukuja, kuten arvioita liikennesuoritteesta tai kulkutapajakaumasta. Toiseksi indikaattorit toimivat laadullisen arvioinnin perustana, jossa tarkastellaan, millaisia edellytyksiä kaavaratkaisu luo kestäväälle liikkumiselle. Näiden näkökulmien yhdistäminen mahdollistaa sekä määrällisen että tulkitsevan arvioinnin.

Keskeinen osa arviointikehikkoa on myös vertailuasetelma. Kaavaratkaisun vaikutuksia tarkastellaan suhteessa kunnan nykytilanteeseen tai vertailuarvoihin, jolloin voidaan arvioida, tukeeko ratkaisu liikenteen päästövähennystavoitteita vai ei. Indikaattoreiden pohjalta muodostettava pisteytys ja sitä täydentävä muu analyysi auttavat tunnistamaan suunnitelman vahvuuksia ja kehittämiskohteita sekä tukevat kaavaratkaisun jatkokehitystä.

Arviointikehikko ja indikaattorit (2/2)

Indikaattorien valintaa varten on tunnistettu päätyökaluja, jotka vastaavat arviointitiedon tarpeeseen tilanteessa, jossa lähtökohta-aineistot ovat rajallisia tai suunnittelutarkkuus on yleispiirteinen. Keskeistä on tunnistaa esimerkiksi yleiskaavoitus- tai osayleiskaavoitusvaiheessa, millaiset lähtökohdat kaavoitettava sijainti muodostaa eri kulkutapojen käytölle ja miten kaavan lähtökohdat sekä sisällöt muodostavat lähtökohtia liikenteen kysynnälle ja tarjonnalle. Päätyökaluvalikoimaan on nostettu keskeisiä indikaattoreita, jotka ensisijaisesti muodostavat reunaehdot kaava-alueen liikenteen päästökehitykselle.

Yleispiirteisen arvioinnin keskeiset indikaattorit kuvaavat kaava-alueen sijaintia, maankäytön rakennetta sekä kestävä liikumisen edellytyksiä. Näitä ovat:

- kaava-alueen sijoittuminen yhdyskuntarakenteen vyöhykkeille
- väestön ja työpaikkojen määrä sekä tiheys
- toimintojen sekoittuminen, kuten työpaikkojen ja palveluiden sijoittuminen
- palvelujen saavutettavuus eri kulkumuodoilla
- asukkaiden ja työpaikkojen sijoittuminen joukkoliikenteen palvelualueelle
- joukkoliikenteen palvelutaso ja matka-ajat
- kulkutapojen välinen kilpailukyky, erityisesti auto- ja joukkoliikenteen suhde
- liikenneverkkojen rakenne, kuten auto- ja pyöräliikenteen verkkojen suhde.

Osayleiskaavoja tai asemakaavoja voidaan arvioida yleiskaavaa tarkemmin, kun alueen rakentamisesta, rakennusten käyttötarkoituksista, pysäköintipaikkojen määräytymisestä ja sijainnista sekä katujen ja kulkuväylien sijoittumisesta tiedetään enemmän ja tarkemmin. Tarkemmassa tarkastelussa (ns. erikoistyökalut) arviointia voidaan täydentää indikaattoreilla, jotka kuvaavat yksityiskohtaisemmin kaavaratkaisujen toteutusta ja vaikutuksia kulkutapavalintoihin. Näitä ovat esimerkiksi:

- jalankulun ja pyöräilyn verkkojen saavutettavuus ja esteettömyys
- joukkoliikenteen pysäkkien ja pysäköintiratkaisujen sijaintisuhteet
- auto- ja pyöräpysäköinnin sijoittuminen ja keskinäinen suhde
- pysäköintinormien vaikutus liikkumiseen
- mahdollisuudet vähentää autopaikkojen määrää vaihtoehtoisten kulkutapojen kehittämisen kautta
- sähköisen liikumisen infrastruktuuri, kuten latausverkosto.

Lopullinen indikaattorivalikoima määräytyy käytettävissä olevien lähtöaineistojen ja niiden tarkoituksenmukaisen hyödyntämisen mukaisten reunaehtoien puitteissa.

Alustavasti tunnistettuja indikaattoreita vaikutusten arvioinnin tueksi

PÄÄTYÖKALUT

Arvioitava teema	Indikaattorit	Arviointimenetelmä
Kaavan ominaisuudet ja sijainti	1. Sijainti yhdyskuntarakenteen vyöhykkeillä [% / SYKE-vyöhyke] 2. Väestön- ja työpaikkojen määrä ja tiheys [asukasta ja työpaikkaa /ha]	Nykytilanne: - YKR / kuntaseuranta Tavoitetilanne: - asiantuntija-arvio / kaavatavoite
Toimintojen sekoittuminen	3. Kaupan toimipaikat ja muut liikennettä paljon generoivat toiminnot [kem] 4. Palvelujen saavutettavuus 15min. [päivittäistavara, koulut, terveys, urheilu, muu vapaa-aika] 5. Työpaikkamäärä suhteessa asukasmäärään [%]	Nykytilanne: - YKR / kuntaseuranta - Rakennus- ja maankäyttötietokannat - Liikenneverkon reittianalyysit Tavoitetilanne: - asiantuntija-arvio / kaavatavoite toteutuvista palveluluokista
Kestävän liikkumisen kilpailukyky	6. Asukas- ja työpaikkamäärän osuus 300m säteellä joukkoliikenne pysäkeistä [%] 7. Joukkoliikenteen tavoitteellinen matka-aika (keskustaan/POI) [aika] 8. Auto- ja joukkoliikenteen matka-ajan suhde keskustaan [%] 9. Joukkoliikenteen muoto [joukkoliikenteen tyyppi]	Nykytilanne: - YKR / kuntaseuranta - Aikataulu / google Tavoitetilanne: - kaavasuunnitelma - asiantuntija-arvio / kaavatavoite
Liikenneverkot	10. Auto- ja pyöräliikenteen verkkojen pituuksien suhde [%]	Nykytilanne: - Digiroad, Open street map Tavoitetilanne: - kaavasuunnitelma

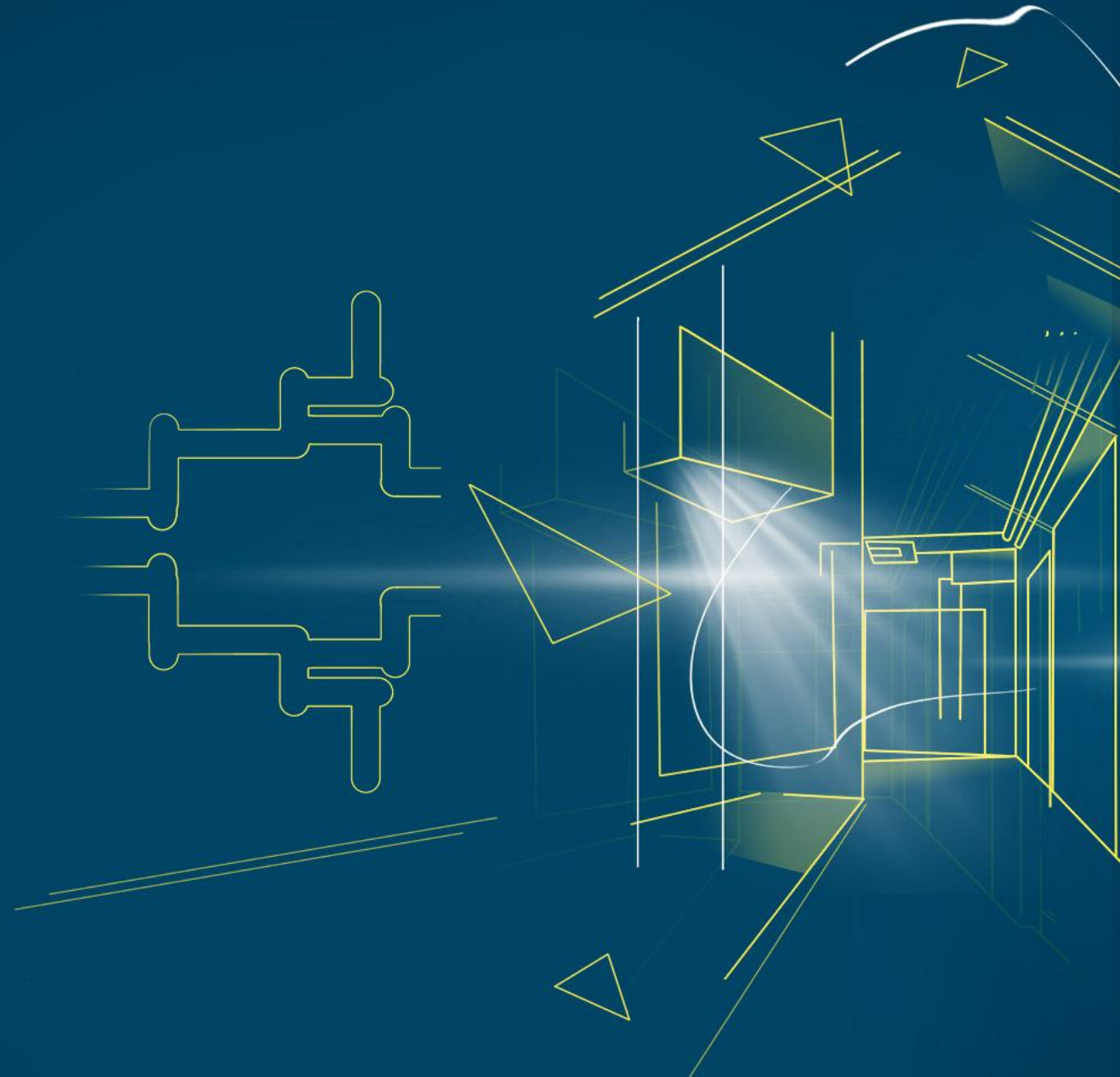
Alustavasti tunnistettuja indikaattoreita vaikutusten arvioinnin tueksi

ERIKOISTYÖKALUT

Arvioitava teema	Indikaattori	Arviointimenetelmä
Liikenneverkot, JK/PP-verkko	1. Reittiverkon saavutettavuus ja esteettömyys alueelta [verkkojen luokittelu]	Nykytilanne: - Kunnan tietolähteet / Google / Open street map / kaavaselosetus Tavoitetilanne: - asiantuntija-arvio / kaavatavoite
Joukkoliikenteen sijoittuminen alueella	2. Pysäkkien ja (keskitetyn) autopysäköinnin etäisyydet rakennuksista [suhde]	Nykytilanne: - Joukkoliikenneverkko / kaavan rakennukset / kaavan pysäköintialueet / kaavaselosetus Tavoitetilanne: - asiantuntija-arvio / kaavatavoite
Pysäköintinormit	3. Pyöräpysäköinnin vs. autopysäköinnin etäisyys rakennuksista [suhde] 4. Autopaikkojen vähennysmahdollisuudet pyöräpysäköinnin laadun ja palvelujen perusteella [kriteerien listaus]	Nykytilanne: - kaavan rakennukset / kaavan tai viitesuunnitelman pyöräpysäköinnin sijoittelu / kaavan pysäköintialueet / kunnan pysäköintinormit / kaavaselosetus Tavoitetilanne: - asiantuntija-arvio / kaavatavoite
Sähköisen liikkumisen infrastruktuuri	5. Sähköautojen latausverkko	Nykytilanne: - Kaavaselosetus / sähköautojen infra /sähköautojen autokannan määrä Tavoitetilanne: - asiantuntija-arvio / kaavatavoite

SITOWISE

Työkalun lähtökohdat ja toimintaperiaate



Työkalun teoreettiset lähtökohdat

Työn tavoitteena on kehittää helppokäyttöinen ja yleispiirteinen arviointityökalu, jonka avulla voidaan vertailla eri kaava-alueiden ja suunnitteluratkaisujen vaikutuksia liikenteen muodostumiseen ja liikenteen elinkaaripäästöjen kehitykseen.

Työkalun ensisijaisena käyttökohteena ovat strateginen suunnittelu, kaavoitusohjelmien valmistelu sekä yleispiirteinen kaavojen vertailu. Lisäksi sitä voidaan hyödyntää yksittäisten kaava-alueiden tavoitteiden määrittelyssä ja lähtökohtien arvioinnissa ennen varsinaisen suunnittelun käynnistymistä. Tavoitteena on tunnistaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ne tekijät, jotka vaikuttavat alueen liikenteellisiin edellytyksiin ja päästökehitykseen.

Työkaluun syötettävänä/ työkalun laskemina lähtötietoina voidaan käyttää muun muassa:

- alueella nykytilassa oleva asukasmäärä
- alueella nykytilassa oleva työpaikkamäärä
- **suunniteltu asukas- ja työpaikkamäärä***
- nykyinen ja tuleva asukas- ja työpaikkatiheys
- nykyinen ja **tavoitteellinen yhdyskuntarakennevyöhyke***
- Alueen etäisyys ja matka-aika palvelukeskuksesta/keskustasta nykytilanteessa eri kulkumuodoilla.

Työkalun avulla saadaan arvioitua muun muassa:

- nykyiset asukkaiden liikennesuoritteet
- nykyiset työpaikkoihin kytkeytyvät liikenne- ja kuljetussuoritteet
- tavoitetilanteeseen liittyvät liikennesuoritteet
- edellytykset tarjota tehokasta joukkoliikennettä
- edellytykset tarjota lähipalveluja yms.
- matkojen suuntautuminen kulkumuodoittain.

Työkalun rajoitteena on tunnistettu muun muassa:

- kunnissa saatavilla olevan liikennetiedon puutteet (mm. HLT:n ja muun liikennetutkimustiedon rajoitteet)
- tekoälyn kielimallin rajoitteet, kuten alttius teksti- ja hallusinoitiriskeille, sekä rajoittunut matemaattinen kyvykkyys esimerkiksi päästölaskentojen toteuttamiseksi.
- työkalun taustalla oleva teoria olettaa suoran syy-seuraussuhteen tiiviin maankäytön ja vähähiilisyyden välille mutta jättää huomioimatta monimutkaiset heijastusvaikutukset
- työkalu tukeutuu pitkälti vakiintuneisiin kulkumuotoihin (kävely, pyöräily, joukkoliikenne, autoilu).
- työkalu arvioi fyysisiä ja dynaamisia edellytyksiä (kuten tiheyttä ja etäisyyttä), mutta se ei kykene ennustamaan ihmisten todellista ja yksilöllistä liikkumiskäyttäytymistä tai asenteita

* Asiantuntija-arvioita tai tavoitteellisia tietoja kaavaratkaisusta.

Työkalun toimintaperiaate

Työkalun ensisijainen käyttäjä on maankäytön suunnittelija, usein kaavoittaja. Kaavoittajalla on tarpeelliset lähtötiedot työkalua varten ja mahdollisuus sparrata kaavan valmistelua työkalun avulla. Työkalun keskeinen toimintaperiaate perustuu siihen, että käyttäjä syöttää työkaluun kaava-alueen keskeiset tunnusluvut ja suunnitelmatiedot. Näiden perusteella työkalu muodostaa liikenteellisiä tunnuslukuja, vertailee niitä nykytilanteeseen ja tuottaa tekoälyavusteisesti suunnittelua tukevaa analyysiä.



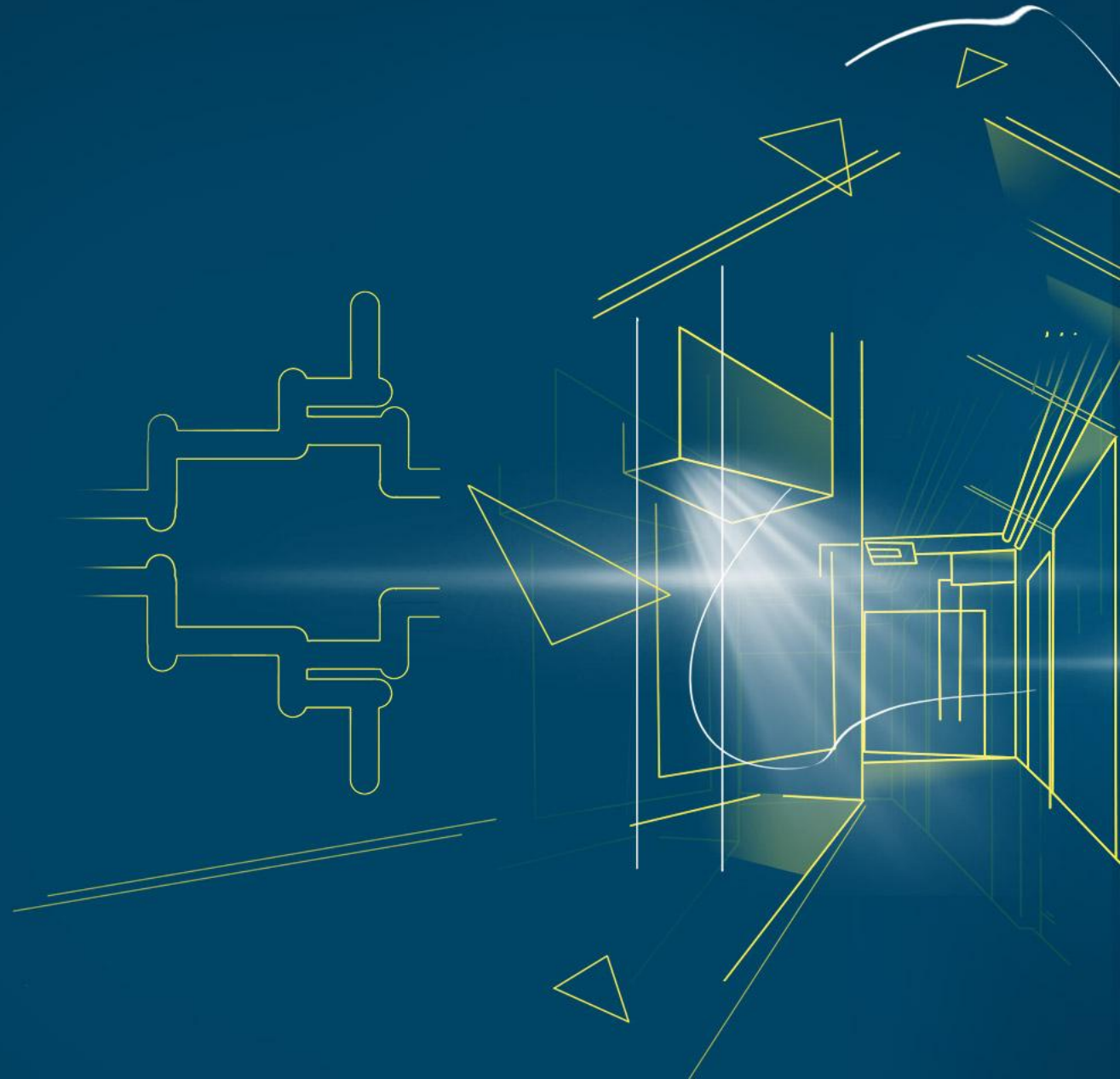
Työkalun käyttämät tiedot ja aineistot

Taustatieto	Tarvittava aineisto	Saatavat suureet
Nykytilan asukasmäärä	Alueen sijainti Kaava-alueen koko YKR-väestötiedot (250x250m)	Nykyinen asukasmäärä alueella [lkm]
Nykytilan työpaikkamäärä	Alueen sijainti Kaava-alueen koko YKR-alueella työssäkäyvät (250x250m)	Nykyinen työpaikkamäärä alueella [lkm]
Suunniteltu asukas- ja työpaikkamäärä	Alueen suunnitelmasta asukas ja työpaikkamäärä	Suunniteltu asukasmäärä alueella [lkm] Suunniteltu työpaikkamäärä alueella [lkm]
Nykyinen ja tuleva asukas- ja työpaikkatiheys	Alueen koko (m2) YKR-väestö- ja työpaikkatiedot	Asukkaita/m2 Työpaikkoja/m2 Asukkaita ja työpaikkoja/m2
Nykyinen ja tavoitteellinen yhdyskuntarakennevyöhyke	Alueen sijainti Kunnan taajama-alueet Kunnan maaseutualueet Tavoitteellinen yhdyskuntarakennevyöhyke	Kaava-alueen sijainti nykytilan yhdyskuntarakennevyöhykkeellä [sanallinen] Kaava-alueen sijainti tavoitetilan yhdyskuntarakennevyöhykkeellä [sanallinen]
Ajallinen etäisyys palvelukeskuksesta/keskustasta nykytilanteessa eri kulkumuodoilla	Alueen sijainti Palvelukeskukset ja keskusta pistemäisinä (kunnalta) Liikenneverkko ja nopeusrajoitusalueet Joukkoliikenteen verkko, matka-aika	Kaava-alueen ja palvelukeskittymän väli [min] - Jalan - Pyörällä - Joukkoliikenteellä - Autolla Arvio lähipalvelujen tarpeesta ja toimintaedellytyksistä Arvio matkojen suuntautumisesta kulkumuodoittain

Johdettavat suureet	Tarvittava aineisto	Saatavat suureet
Nykytilanne	Alueen sijainti Asukasmäärä Työpaikkamäärä Kerrosneliömetrit / toiminto Kunnan kulkutapajakauma (HLT)	Asukkaiden liikennesuorite Työpaikkojen liikennesuorite
Tulevaisuuden tilanne	Tuleva asukasmäärä Tuleva työpaikkamäärä Tavoitteellinen kulkutapajakauma kunnassa/alueella	Tuleva asukkaiden liikennesuorite Tuleva työpaikkojen liikennesuorite Arvio joukkoliikenteen käyttöpoteentiaalista



Työkalun Proof of Concept — toteutus



Proof of Concept (PoC)

Proof of Concept (eli konseptitodistus) tähtää jonkin idean tai menetelmän toteuttamiskelpoisuuden osoittamiseen ja testaamiseen käytännössä.

PoC:ssa ei vielä toimiteta varsinaista lopullista ratkaisua, vaan sen tavoitteena on todentaa, miten ratkaisu tai sen osa saadaan toteutettua, ja arvioida sen toteutuskelpoisuutta.

Työssä kehitettiin puoliautomatisoitu PoC-tasoinen ratkaisu, joka arvioi kaavahankkeen vaikutuksia liikenteen vähähiilisyyteen yhdistämällä määrällistä dataa ja tekoälypohjaisen laadullisen analyysin kaavakohteesta. PoC-toteutuksen ensisijaisena tavoitteena oli osoittaa ideakonseptin käytännön toteuttamiskelpoisuus ja arvioida sen tuottamaa lisäarvoa kaavoitustyössä.

Testaus ja kehitystyö kohdistettiin kolmeen ydintavoitteeseen:

1. FME- ja tekoälyprosessin integraation testaaminen

Selvitettiin, miten sujuvasti ja luotettavasti paikkatietopohjainen datan esikäsittely, kielimallin API-rajapintakutsu ja tekoälyn ohjaaminen (promptaus) on integroitavissa yhdeksi yhtenäiseksi FME-prosessiksi.

2. Tekoälyn analyysikyvykkyyden ja osuvuuden testaaminen

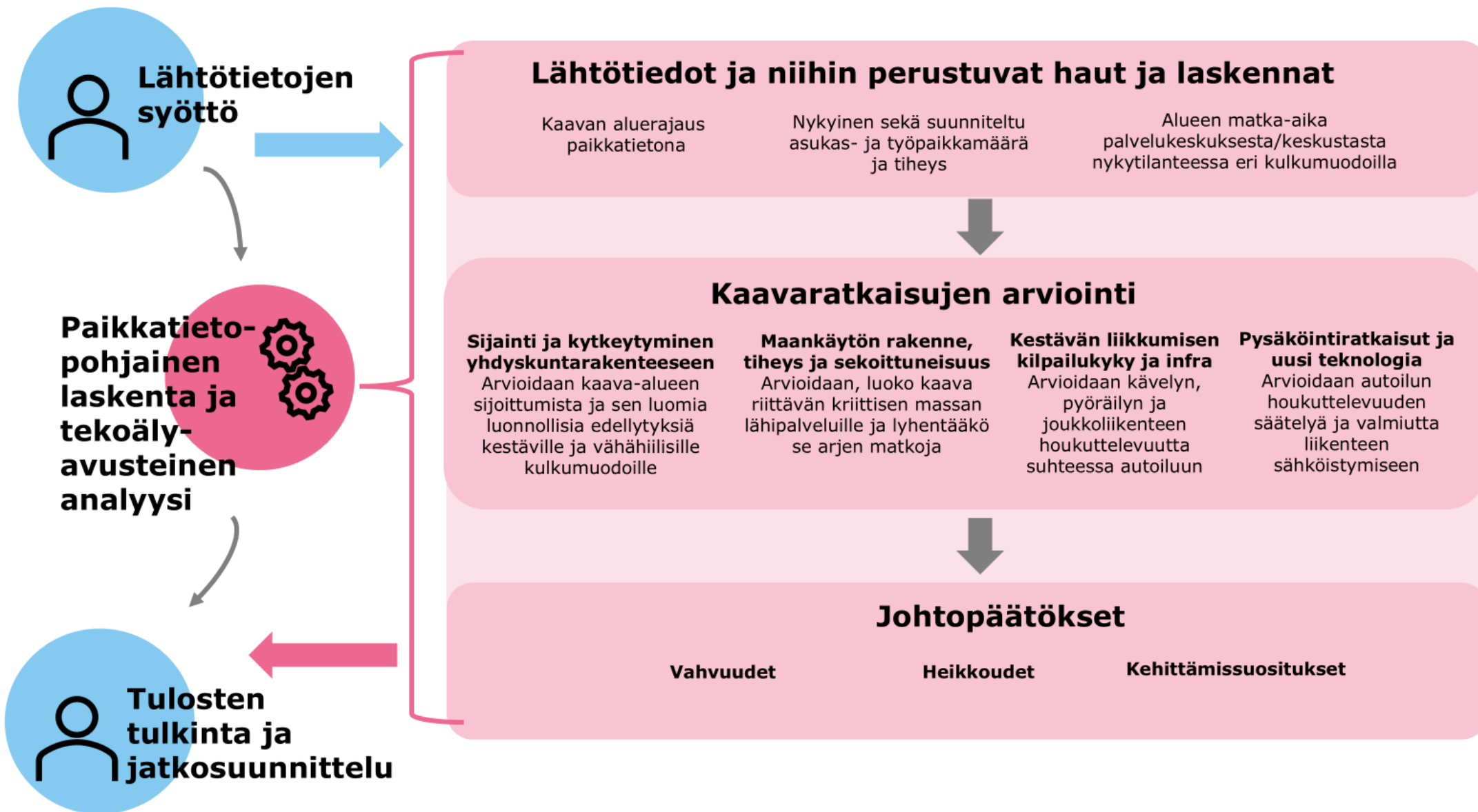
Arvioitiin kielimallin (Claude) kykyä ymmärtää monimutkaista, suomalaista kaavoitustekstiä ja asiantuntijatermistöä. Samalla testattiin mallin kyvykkyyttä tuottaa loogista, toistettavaa, kieliasultaan ammattimaista ja suunnittelijaa aidosti sparraavaa laadullista analyysia sekä kehittämissuosituksia.

3. Paikkatietopohjaisten laskentojen yhdistäminen tekoälyarvioon ja sen testaaminen

Testattiin, miten onnistuneesti FME-prosessilla tuotettu kaava-alueen sijaintia ja yhdyskuntarakennetta kuvaava tausta-aineisto saadaan syötettyä osaksi tekoälyn tekemää laadullista analyysia.

PoC-toteutuksesta on laadittu erillinen kattavampi dokumentaatio ja loppuraportointi.

Työkalun konseptikuvaus



PoC-toteutuksen rajaukset

PoC-toteutuksessa keskityttiin teknisen ydinmetodologian ja tekoälyavusteisen kaava-aineiston analyysin testaamiseen, jolloin kaikkia työvaiheissa yksi laaditussa toimintamallissa kuvattuja ulottuvuuksia ei sisällytetty mukaan tähän PoC-toteutukseen.

Toteutuksen ulkopuolelle rajattiin seuraavat kokonaisuudet:

- Työkaluun ei toteutettu lainkaan itsenäistä graafista selainkäyttöliittymää loppukäyttäjälle, vaan työnkulkua ajetaan taustaprosessina FME-ympäristössä.
- Toteutuksessa ei rakennettu tuotantotason rajapintaratkaisuja tai reaaliaikaisen tiedonsiirron automaatiota. Lisäksi Power BI:ssä toteutettu raporttipohja toimii manuaalisesti päivittämällä.
- PoC-toteutuksessa ei rakennettu tai ylläpidetty tietokantaympäristössä olevaa data-arkistoa, vaan analyysit ajetaan tapauskohtaisesti suoraan syötettävistä tiedostoista.
- Vaikka aiemmassa työvaiheessa kehitetyssä toimintamallissa hahmotettiin toimintatapaa kaavaratkaisujen kumulatiivisten elinkaaripäästöjen (purkaminen, rakennukset, energia, liikenne) ja kaavaratkaisujen vaikutusta päästöjen muodostumiseen muun muassa matkasuoritteiden ja kulkutapajakaumien kautta, työkalun PoC-toteutukseen ei sisällytetty näitä matemaattisia laskentoja ja

päästömallinnuksia.

- Seudullisen VALMA-mallin hyödyntämisen mahdollisuutta selvitettiin muun muassa mallista saatavilla olevan diasetin, internet-sivujen sekä Traficomien ehdottaman ja edustajan kanssa pidetyn lyhyen työkokouksen avulla. Koska mallin hyödyntäminen olisi vaatinut kaupallisen ohjelmiston hankintaa, johon tässä projektissa ei oltu varauduttu, VALMA-mallia ei sisällytetty PoC-toteutuksen suunnitteluun ja testaukseen.

Työkalu ei tee päätöksiä eikä korvaa asiantuntija-arviointia. Se on suunniteltu herättelijäksi ja sparrauskuoppniksi nostamaan esiin keskeisiä kysymyksiä, tunnistamaan ristiriitoja numeerisen datan ja kaava-asiakirjan tekstissä olevien kuvausten välillä sekä tarjoamaan nopea kokonaiskuva kaavan lähtökohdista liikenteen ilmastovaikutusten osalta. Tulokset ovat suuntaa-antavia ja tukevat suunnittelijan omaa harkintaa.

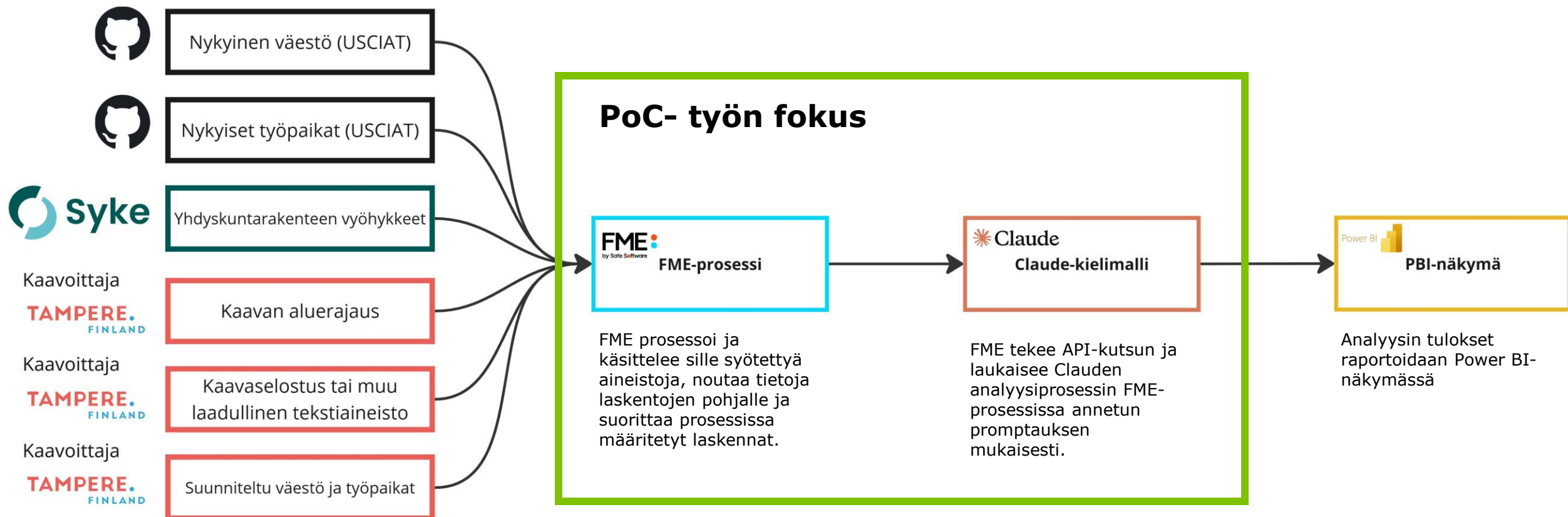
Hankkeen periaatteiden mukaisesti työn tulokset on sitouduttu julkaisemaan avoimesti (EUPL- ja CC-BY-4.0 -lisensseillä) Tampereen kaupungin GitHub-repositorion kautta.

Työkalun toteutus

DECCI-hankkeen puitteissa kehitetty Proof of Concept (PoC) -ratkaisu on puoliautomatisoitu, tekoälyavusteinen sparraustyökalu kaavasunnittelun tueksi. Konseptin ytimessä on yhdistää kaavaratkaisujen liikennevaikutusten arvioimiseksi kehitetyssä toimintamallissa määritetyt määrälliset indikaattorit ja laadullinen suunnitteluaineisto yhdeksi dynaamiseksi arviointityökaluksi. PoC-toteutuksen pohjana toimiva konsepti toimii kolmivaiheisena integroituna ketjuna:

- 1. Datat esikäsittely ja laskenta (FME):** Käyttäjä syöttää työkaluun tutkittavan kaava-alueen aluerajauksen geometrisena paikkatietona. FME-prosessi hakee automaattisesti tausta-aineistoista (kuten SYKE ja YKR) alueen nykytilan väestö- ja työpaikkatiedot, laskee nykyisen ja tulevan väestö- ja työpaikkatiheyden sekä analysoi etäisyydet ja matka-ajat keskustaan eri kulkumuodoilla.
- 2. Tekoälyavusteinen laadullinen analyysi (Claude):** FME-prosessi tekee rajapintakutsun Claude-kielimallille. Kielimallille syötetään FME:n laskemat määrälliset indikaattoritulokset sekä kaavan laadullinen valmisteluaineisto (kuten kaavaselostus tai osallistumis- ja arviointisuunnitelma). Tekoäly suorittaa promptatun roolinsa mukaisesti puolueettoman ristiinvertailun kaavan geometrian perusteella saatujen tietojen ja kaavan lähtökohtia kuvaavan tausta-aineiston välillä, antaa arvioin analysoitavista indikaattoreista ja teemoista sekä tuottaa sparraavia kehitysehdotuksia.
- 3. Strukturoitu raportointi (Power BI):** Tekoälyn palauttamat strukturoidut JSON-muotoiset tulokset visualisoidaan Power BI-näkymässä, joka toimii suunnittelijan helposti tulkittavana raporttina ja jatkosuunnittelun tukena.

PoC- toteutuksen tekninen prosessikaavio



Työkalun testaus (1/2)

Työkalun toiminnallisuutta, analyysikykyä ja paikkatietolaskentojen integraatiota testattiin PoC-vaiheessa kahdella todellisella, mittakaavaltaan erilaisella kaava-aineistolla:

1. Yleiskaavataso: Eteläisen kantakaupungin vaiheyleiskaava – valtuustokausi 2025–2029.

Testiaineistona käytettiin kaavan Osallistumis- ja arviointisuunnitelmaa (OAS, 25.3.2026) sekä kaavahankkeen aluerajausta paikkatietona.

2. Asemakaavataso: Hervannan pohjoisakselin täydennysrakentaminen. Testiaineistona käytettiin asemakaavan selostuksen luonnosta (nro 8603, 11.6.2018) sekä kaavahankkeen aluerajausta paikkatietona.



Ensimmäinen testiaineisto



Hervanta
pohjoisakselin täydennysrakentaminen
Asemakaava nro 8603, selostus, luonnos 11.6.2018
Diaarinumero: TRE:9055/10.02.01/2017



Kuvat © BST-arkkitehdit Oy

Toinen testiaineisto



Työkalun testaus (2/2)

Työkalun testaus noudatti työkalun teknisen prosessikuvauksen kulkua.

1. Kaava-alueen aluerajaus ja tekstimuotoinen PDF-asiakirja annettiin syötteenä FME-ohjelmistoon. FME suoritti taustalla paikkatietopohjaiset indikaattorilaskennat, ja käynnisti Claude-kielimallin työskentelyn rajapintakutsulla, ja kokosi tekoälyn tekemän analyysin jatkohyödynnettävään muotoon.
2. FME-prosessin tuottamat raakatulokset ajettiin ulos Excel-muodossa. Tämä aineisto syötettiin visualisointiraporttia varten esimuotoiltuun koontitiedostoon (Excel), josta tekoälyavusteisen analyysin tulokset luettiin sisään raportoinnin Power BI-näkymään asiantuntijoiden arvioitavaksi.
3. Tekoälyn tuottamaa analyysiä arvioitiin maankäytön asiantuntijoille suunnatussa työpajassa.

Raportointi-näkymä Power BI:ssä



Testaustulosten arviointi

PoC-toteutuksen pohjalta tehtiin seuraavat **keskeiset havainnot työkalun toimivuudesta ja lisäarvosta**:

- Työkalua tarjoaa parhaimmillaan puolueetonta ja objektiivista arviointitukea. Se kykenee paljastamaan tekstimuotoisten tavoitteiden ja numeerisen paikkatietodatassa näkyvät ristiriidat: esimerkiksi, jos kaavaselostus painottaa vähähiilisyyttä, mutta paikkatieto paljastaa autovyöhykkeen kattavan yli puolet alueesta eikä autoriippuvaisuutta edistäviä ratkaisuja ole tunnistettavissa aineistosta.
- Työkalu mahdollistaa kevyiden, suuntaa-antavien esiarvioiden tekemisen jo luonnos- tai OAS-vaiheessa, jolloin asiantuntijat voivat suunnata työnsä ja resurssinsa kaavahankkeen kriittisimpiin solmukohtiin.
- Työkalu voi auttaa kansantajuistamaan vaikeaakin substanssisisältöä ja kuvamaan myös maankäytön syy-seuraussuhteita. Tämä parantaa kaavaselostusten kattavuutta ja luo yhteisen keskustelupohjan maankäytön eri asiantuntijoiden välille. Kuitenkin testausvaiheessa huomioi kiinnittyi vielä tekoälyn tuottaman tekstin osittaiseen kapulakielisyyteen sekä toisteisuuteen.
- Tekoälyn osalta havaittiin kuitenkin myös herkkää myötäilyä lähtötekstin sävyille sekä tarve opettaa sille täsmällisemmin kaavoituksen substanssitermistöä (esim. tehokkuusluku maksimina vs. miniminä) sekä tarve tarkentaa tekoälyn tuottaman tekstin kielellisen tyylin ja laadun ohjeistusta.
- FME-prosessin osalta haasteiksi tunnistettiin PDF-asiakirjojen rakenteellinen vaihtelevuus, koordinaattijärjestelmien reprojektioinnit sekä tausta-aineistojen (YKR/Urban Zone) manuaalinen päivitystarve.

PoC-toteutuksen tulokset suhteessa tavoitteisiin

PoC-toteutuksen pohjalta tehtiin seuraavat keskeiset havainnot työkalun toimivuudesta ja lisäarvosta suhteessa sille PoC-toteutukselle asetettuihin tavoitteisiin:

1. FME- ja tekoälyprosessin integraation testaaminen
Automaatioketjun rakentaminen datan poiminnasta ja FME-prosessoinnista aina tekoälyanalyysin toteuttamiseksi API-rajapintakutsun kautta osoittautui teknisesti toimivaksi ratkaisuksi. Integraatio FME:n ja Claude-kielimallin välillä saatiin toimimaan sujuvasti. Puoliautomatisoitu ketju kykenee suorittamaan määritetyt rutiinit ja siirtämään strukturoidun tiedon raportointitarkoituksiin.
2. Tekoälyn analyysikyvykyys ja osuvuus
Kielimallin kyky tulkita ja arvioida monimutkaista suomalaista kaavoitustekstiä ja asiantuntijatermistöä oli yleisesti ottaen hyvällä tasolla, ja työkalu kykeni tuottamaan jo luonnostasoisella promptauksella loogista ja ammattimaista asiantuntijakieltä.

Työkalun on mahdollista tarjota aito objektiivinen sparrauskumppani, joka kykenee tarkastelemaan kaavaa ilman inhimillisiä ennakko-

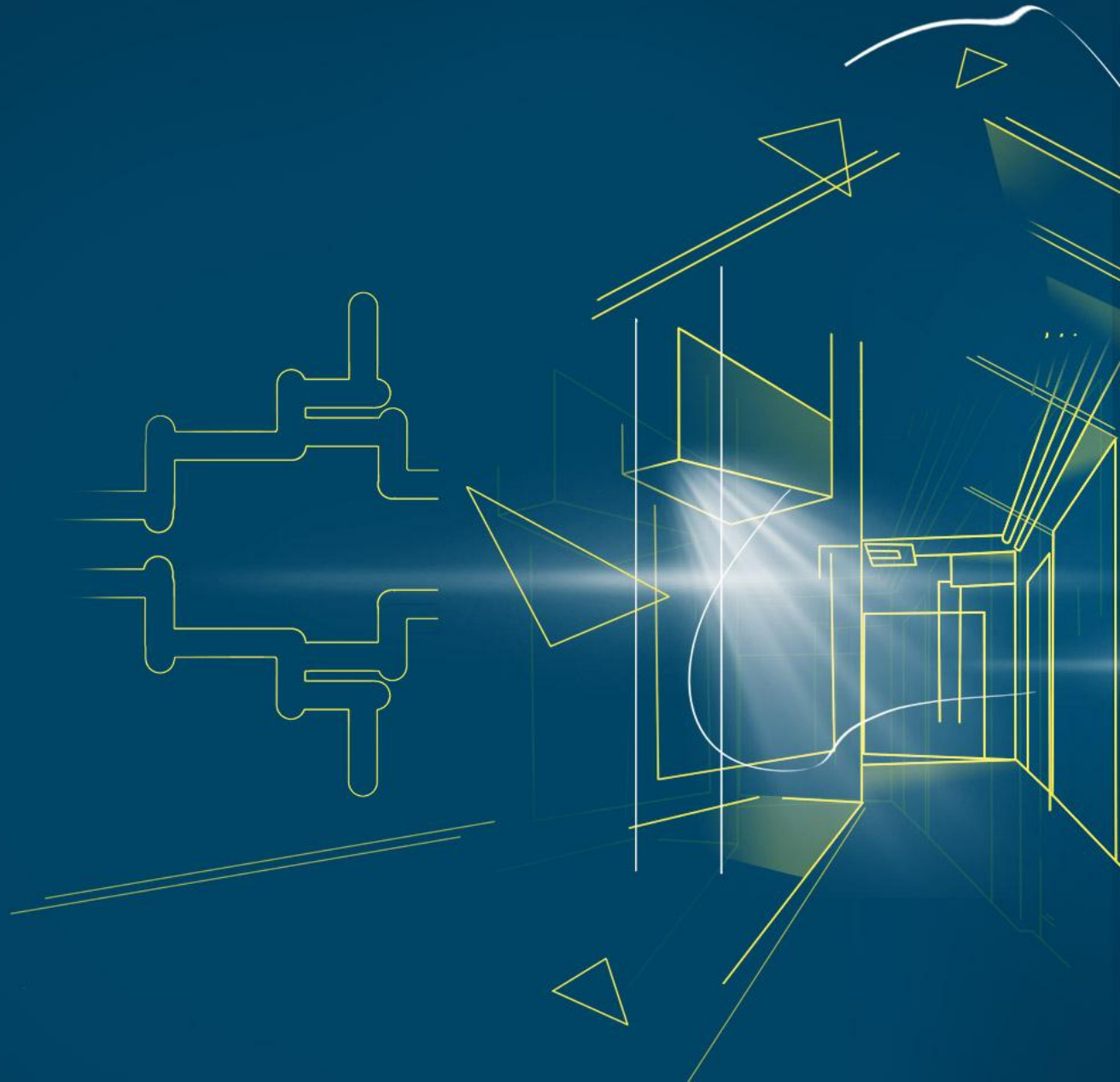
olettamuksia. Sen on mahdollista tuottaa osuvia ja konkreettisia kehitysehdotuksia erityisesti varhaisessa suunnitteluvaiheessa, mikä auttaa suunnittelijoita fokusoimaan työtään.

Toisaalta kielimallin havaittiin olevan herkkä lähtöaineiston omalle sävyille: jos kaavaselostus on kirjoitettu markkinoivaan sävyyn, tekoäly myötäilee herkästi tekstiä, ellei sitä pakoteta tiukasti kriittisyyteen. Tekstissä esiintyy myös toisteisuutta, ja mallille on "opetettava" tarkemmin kaavoitukseen liittyvää substanssia.

3. Paikkatietolaskentojen ja tekoälyarvion yhdistäminen
Työkalu kykeni onnistuneesti käyttämään FME-prosessilla tuotettuja numeerisia tietoja (esim. saavutettavuussuureet ja vyöhyketiedot) peilinä kaavatekstin tavoitteille. Tekoälyanalyysi kykeni paljastamaan eroavaisuuksia tavoitteiden ja todellisuuden välillä (esimerkiksi jos selostus maalaa kuvaa vähähiilisyydestä, mutta paikkatieto paljastaa autovyöhykkeen kattavan yli puolet alueesta).

SITOWISE ubigu

Työn yhteenveto ja päätelemät



Yhteenveto ja päätelmät

Työssä kehitettiin yleispiirteinen arviointikehikko ja tunnistettiin indikaattoreita, joiden avulla voidaan tarkastella kaavaratkaisujen liikenteellisiä lähtökohtia ja kestävän liikkumisen edellytyksiä. Työpajoissa arviointitiedolle tunnistettiin tarve erityisesti kaavoituksen alkuvaiheessa, jolloin suunnitteluratkaisuihin voidaan vielä vaikuttaa. Kehikko luo pohjan vaihtoehtojen vertailulle, mutta se ei yksin tuota tarkkaa liikenne- tai päästöennustetta. Arviointikehikon soveltamiseksi työssä suunniteltiin ja toteutettiin PoC-työkalu, joka yhdistää paikkatietopohjaiset tunnusluvut kaava-aineiston ominaispiirteiden analyysiin.

PoC-toteutuksen testauksessa saavutetut tulokset osoittavat, että tekoälyavusteinen sparraustyökalu voi olla parhaimmillaan arvokas apu maankäytön suunnittelijoille ja tehostaa rajallisten resurssien käyttöä. Se ei korvaa ihmistä, vaan sen tuottamien tulosten tulkintaan tarvitaan jatkossakin vankkaa asiantuntijaosaamista (ihmisälyä). Työkalun jatkokehitykselle annettiin selkeä kannustus. Työssä tunnistettiin, että myös suppealla indikaattorivalikoimalla voi saada kaavatyötä tukevia havaintoja aikaiseksi.

Jotta konseptista saadaan tuotantovalmis, luotettava ja skaalautuva järjestelmä, suosittelemme keskittymään jatkokehityksessä erityisesti seuraavaan viiteen kokonaisuuteen:

1. FME-prosessin automatisointi ja datanhallinnan vankistaminen
2. PDF-aineistojen esikäsittelyn ja luennan vakiointi
3. Claude-kielimallin promptauksen kehittäminen ja substanssiosaamisen syventäminen
4. Tuotantokäytön graafisen käyttöliittymän suunnittelu ja rakentaminen huomioiden kunnan (tai kuntien) määrittelemät tarpeet
5. Skaalautuvuuden ja arviointimenetelmien monipuolistaminen.

PoC-työkalun tekninen toteutus on kuvattu tarkemmin erillisessä dokumentissa.