



# WMS-, WMTS- ja WFS-karttatasojen integrointi ja hallinta eri lähteistä

Samu Ritala

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2025

Tietotekniikan tutkinto-ohjelma  
Ohjelmistotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma  
Ohjelmistotekniikka

RITALA, SAMU:

WMS-, WMTS- ja WFS-karttatasojen integrointi ja hallinta eri lähteistä

Opinnäytetyö 35 sivua  
Kesäkuu 2025

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella, kuinka WMS-, WMTS- ja WFS-rajapintoja hyödyntävät karttatasot voidaan integroida ja hallita paikkatieto-ohjelmistossa, kun aineistot ovat peräisin eri lähteistä. Työn tarkoituksena oli mahdollistaa avoimien viranomaisaineistojen ja itse tuotetun paikkatietoaineiston yhteiskäyttö siten, että tiedot ovat ajantasaisesti visualisoitavissa ja analysoitavissa samassa käyttöliittymässä. Työssä tutkittiin myös, millaisia teknisiä ratkaisuja ja käytäntöjä yhteiskäyttö edellyttää paikkatietorajapintojen hyödyntämisessä.

Opinnäytetyön esimerkkitoteutuksessa käytettiin QGIS-ohjelmistoa karttanäkymän hallintaan ja GeoServer-palvelinta opinnäytetyön tekijän tuottamien aineistojen jakamiseen WFS-rajapinna kautta. Työssä keskityttiin kolmen erityyppisen paikkatietorajapinnan yhdistämiseen yhtenäiseksi karttanäkymäksi, hyödyntäen kunkin rajapinnan vahvuuksia käyttötarkoituksen mukaan. Maanmittauslaitoksen WMTS-rajapinnasta tuotiin taustakartta, Suomen ympäristökeskuksen WMS-rajapinnasta haettiin luonnonsuojelualueita koskeva aineisto ja opinnäytetyön tekijän tuottama monikulmiomuotoinen kiinnostuksen kohdealue julkaistiin GeoServer-palvelimen avulla WFS-rajapintana. Ratkaisulla pyrittiin osoittamaan, että eri formaateissa olevat ja eri lähteistä saatavat aineistot voidaan esittää yhteensopivasti samalla käyttöliittymällä.

Opinnäytetyö osoitti, että WMS-, WMTS- ja WFS-rajapintoihin perustuvien karttatasojen yhdistäminen on mahdollista toteuttaa tehokkaasti avoimen lähdekoodin työkaluilla, kun aineistojen yhteensopivuus on varmistettu etukäteen. Eri paikkatietorajapintojen vahvuudet täydensivät toisiaan ja niiden yhteiskäyttö mahdollisti sekä visuaalisesti selkeän esityksen että tarkemman tietosisällön hyödyntämisen. Toteutus osoitti, että rajapintojen yhteiskäyttö tarjoaa selkeän ja yhtenäisen tavan esittää paikkatietoa, jota voidaan hyödyntää alueellisten ilmiöiden tarkastelussa, suunnitteluprosessien tukena sekä paikkatietoon perustuvassa päätöksenteossa.

---

Asiasanat: paikkatieto, rajapinta, karttataso, integrointi, hallinta

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in ICT Engineering  
Software Engineering

RITALA, SAMU:

WMS, WMTS and WFS Map Layer Integration and Management from Different Sources

Bachelor's thesis 35 pages

June 2025

---

The objective of this thesis was to examine how the map layers based on WMS, WMTS and WFS interfaces can be integrated and managed within a geographic information system when the data originate from various sources. In addition to the technical implementation, the study also examined the strengths and limitations of each interface in terms of performance, interoperability and usability. The aim was to enable the combined use of public geospatial datasets and self-produced content in a way that allows up-to-date visualisation and analysis in a unified user interface.

The implementation focused on integrating three different types of geospatial interfaces into a single map view. A WMTS background map was retrieved from the National Land Survey of Finland, the conservation area data were fetched through the WMS interface of the Finnish Environment Institute, and a self-produced polygon representing area of interest was published using the WFS interface. The approach was designed to leverage the specific strengths of each interface, including fast performance, dynamic image rendering, and access to feature-level vector data.

The results demonstrated that combining these interfaces is feasible using open-source tools, provided that data compatibility, such as coordinate reference systems, is ensured. The findings indicate that using interoperable geospatial services supports clear visual representation and enhances data-driven planning, spatial analysis and decision-making.

---

Key words: geospatial data, interface, map layer, integration, management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	PAIKKATIEDOPALVELUIDEN ESITTELY .....	9
	2.1 Open Geospatial Consortium .....	9
	2.2 Web Map Service .....	9
	2.3 Web Map Tile Service .....	10
	2.4 Web Feature Service .....	12
	2.5 OGC-rajapintojen toiminnallinen vertailu .....	14
3	KARTTATASOJEN INTEGROINTI JA HALLINTA .....	16
	3.1 Työkalut ja ohjelmistot karttatasojen hallintaan .....	16
	3.1.1 QGIS .....	16
	3.1.2 GeoServer .....	17
	3.1.3 Luciad Fusion ja ArcGIS .....	17
	3.2 Käytännön toteutus QGIS- ja GeoServer-työkaluilla .....	18
4	HAASTEET JA MAHDOLLISUUDET .....	25
	4.1 Toteutuksen tekniset havainnot .....	25
	4.2 Tietoaineistojen ajantasaisuus ja päivitettävyyys .....	27
	4.3 Suorituskyky ja skaalautuvuus suurilla aineistomäärillä .....	28
	4.4 Standardit ja yhteensopivuus .....	29
	4.5 Tekoäly ja kielimallit paikkatietopalveluiden automatisoinnissa ...	31
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
	LÄHTEET .....	34

## ERITYISSANASTO

GeoJSON	Geographic JavaScript Object Notation. Kevyt tiedostomuoto paikkatiedon kuvaamiseen ja siirtämiseen verkosovelluksissa
GeoPackage	paikkatiedon tallennusmuoto, joka mahdollistaa sekä vektori- että rasterimuotoisen tiedon säilyttämisen yhdessä tiedostossa
GeoServer	avoimen lähdekoodin palvelinohjelmisto paikkatietoaineistojen jakamiseen OGC-standardien mukaisilla rajapinnoilla
GIS	Geographical Information Systems. Järjestelmä paikkatiedon keräämiseen, analysointiin ja esittämiseen
GML	Geography Markup Language. XML-pohjainen tiedostomuoto paikkatiedon siirtämiseen ja kuvaamiseen
HTTP	Hypertext Transfer Protocol. Protokolla verkkosivujen ja tiedon siirtämiseen internetissä
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe. EU-direktiivi, joka määrittelee yhteiset standardit ja käytännöt paikkatiedon jakamiseen Euroopassa
KML	Keyhole Markup Language. Tiedostomuoto paikkatiedon esittämiseen
MML	Maanmittauslaitos. Suomen kansallinen viranomainen, joka tuottaa ja ylläpitää kartta- ja paikkatietoaineistoja sekä tarjoaa avoimia paikkatietopalveluita
OGC	Open Geospatial Consortium. Avoimia paikkatietostandardeja kehittävä kansainvälinen organisaatio
paikkatieto	tieto, joka kuvaa sijaintiin sidottuja ilmiöitä tai kohteita
QGIS	avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto
rasteriaineisto	tietoaineisto, joka koostuu pikseleistä muodostaen säännöllisen ruudukon. Esimerkiksi digitaalikuvat ja lämpökartat
renderöinti	prosessi, jossa tieto muunnetaan visuaaliseksi esitykseksi, kuten kuvaksi, kartaksi tai videoksi

Shapefile	yleisesti käytetty vektorimuotoinen paikkatieto tiedostomuoto
SYKE	Suomen ympäristökeskus. Valtion tutkimus- ja asiantuntijalaitos, joka vastaa ympäristön seurantaan, suojeleluun ja kestävään kehitykseen liittyvistä tiedoista ja tarjoaa paikkatietopalveluita
vektoriaineisto	tietoaineisto, joka esitetään geometrisinä muotoina, kuten pisteinä, viivoina ja alueina, tyypillisesti koordinaattitiedon avulla. Esimerkiksi piirroskuvat ja tekniset mallit
WFS	Web Feature Service. Rajapinta vektorimuotoisen paikkatiedon käsittelyyn ja hakemiseen verkossa
WMS	Web Map Service. Rajapinta dynaamisesti luotujen karttakuvien tarjoamiseen verkossa
WMTS	Web Map Tile Service. Rajapinta valmiiksi luotujen karttatiilien tarjoamiseen verkossa
WSDL	Web Service Description Language. XML-pohjainen kieli verkkopalveluiden toimintojen ja rajapintojen kuvaamiseen

## 1 JOHDANTO

Paikkatietojen käyttö on lisääntynyt merkittävästi viime vuosina eri toimialoilla, kuten kaupunkisuunnittelussa, liikenteen hallinnassa, ympäristöhallinnassa ja turvallisuusoperaatiossa. Monet organisaatiot ja palvelut perustavat monipuoliseen ja ajantasaiseen paikkatietoon, jota voidaan kerätä monista eri ulkoisesta lähteestä, sekä kehittää organisaation sisällä.

Paikkatiedolla tarkoitetaan kaikkea sijaintiin sidottua tietoa. Tällaisia ovat esimerkiksi katuositteet, koordinaatit, hallinnolliset alueet, tieverkostot sekä erilaiset ilmiöt kuten ilmanlaatu, liikennevirrat ja alueellisesti mitatut sademäärät. Paikkatieto voi sisältää sekä itse sijaintitiedon, kuten koordinaatit, että siihen liittyviä ominaisuustietoja, kuten rakennuksen käyttötarkoitus tai alueen väestömäärät.

Paikkatiedon hallintaan analysointiin ja visualisointiin käytetään paikkatietojärjestelmiä eli GIS-järjestelmiä (Geographical Information Systems). GIS-järjestelmät on kehitetty paikkatiedon tallentamiseen, hakemiseen, muokkaamiseen, analysointiin ja kartalle esittämiseen (Church 2002, 541). Ne tarjoavat monipuoliset työkalut paikkatiedon tutkimiseen ja hyödyntämiseen.

Paikkatietoja ja GIS-järjestelmiä hallinnoivat ja käyttävät lukuisat eri tahot. Julkisella sektorilla esimerkiksi kunnat ja ympäristöviranomaiset hyödyntävät niitä muun muassa kaavoituksessa, liikenteen hallinnassa, ympäristöseurannassa ja kriisinhallinnassa. Suomen keskeisiä toimijoita ovat esimerkiksi Maanmittauslaitos, joka tarjoaa paikkatietoaineistoja ja karttapalveluja, sekä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, joka käyttää paikkatietoa liikenteen hallintaan ja turvallisuuden liittyvissä palveluissa. Myös yksityiset yritykset, kuten logistiikka- ja vähittäiskaupparytykset, käyttävät paikkatietoa ja GIS-järjestelmiä toiminnanohjauksessa, asiakasanalyysissä ja palvelujen kohdentamisessa.

Web Map Service (WMS), Web Map Tile Service (WMTS) ja Web Feature Service (WFS) ovat Open Geospatial Consortiumin (OGC) määrittelemiä keskeisiä verkkopohjaisia karttapalveluita, joiden avulla paikkatietoaineistoa voidaan jakaa

ja hyödyntää tehokkaasti eri sovelluksissa. Näiden palvelujen yhdistäminen mahdollistaa ajantasaisen visualisoinnin ja tarkemman kohdetason analyysin samassa käyttöliittymässä. Yhteiskäyttö parantaa järjestelmän joustavuutta ja tukee monipuolisia käyttötarpeita, kuten alueellista suunnittelua, ympäristön seurantaa ja paikkatietoon perustuvaa päätöksentekoa.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan, kuinka WMS-, WMTS- ja WFS-rajapintoja hyödyntäviä karttatasoja voidaan integroida ja hallita paikkatieto-ohjelmistossa, kun aineistot ovat peräisin eri palveluntarjoajilta tai itse tuotettuja. Työssä kuvataan sekä tekninen perusta että käytännön toteutus QGIS-ohjelmistolla ja GeoServer-palvelinratkaisulla. Tavoitteena on havainnollistaa, miten avoimiin standardeihin perustuvat ratkaisut mahdollistavat monimuotoisten paikkatietoaineistojen yhteiskäytön yhtenäisessä ympäristössä.

## 2 PAIKKATIETOPALVELUIDEN ESITTELY

### 2.1 Open Geospatial Consortium

Open Geospatial Consortium on vuonna 1994 perustettu yhdistys, jonka tehtävänä on edistää paikkatietojen käsittelyyn tarkoitettujen kansainvälisten standardien ja niitä tukevien palveluiden kehittämistä ja käyttöä (Ma 2017, 429). OGC kehittää avoimia rajapintastandardeja, jotka mahdollistavat eri järjestelmien ja ohjelmistojen yhteentoimivuuden paikkatiedon tuottamisessa, jakelussa ja hyödyntämisessä. Näiden standardien tarkoituksena on edistää paikkatiedon laajaa käyttöä julkisella ja yksityisellä sektorilla.

OGC:n määrittelemät standardit kuten WMS, WMTS ja WFS, ovat muodostuneet laajasti käytetyiksi avoimiksi ratkaisuuksi paikkatietopalveluissa. Ne mahdollistavat paikkatietojen jakamisen, visualisoinnin ja analysoinnin verkkopohjaisissa järjestelmissä yhteisten rajapintojen kautta. Näiden standardien avulla käyttäjät voivat hakea, tarkastella ja käsitellä paikkatietoa eri lähteistä ilman tarvetta erikoisohjelmistoille.

### 2.2 Web Map Service

WMS mahdollistaa paikkatietoaineiston esittämisen rasterimuotoisina karttakuvina. Karttakuvan voi pyytää WMS-palvelimelta HTTP-pyyntöjen avulla. Palvelin muodostaa karttakuvan dynaamisesti annetun sijainnin ja mittakaavan perusteella ja palauttaa sen yleisesti käytetyssä kuvamuodossa, kuten PNG, JPEG tai GIF. Kuvan tyyppi määritellään pyynnössä käyttämällä MIME-tyyppimerkintää (esim. image/png).

Karttakuva ei ole ennalta tallennettu, vaan renderöidään uudestaan jokaisen palvelinpyynnön perusteella. Palvelin ei siis käytä välimuistia, vaan laatii kuvan sen hetkisten parametrien mukaan.

Koska WMS-karttatasot renderöidään aina uudelleen palvelinpyynnön perusteella, soveltuvat ne erityisen hyvin visuaaliseen karttaesitykseen, jossa aineisto päivittyy usein ja karttakuvan ajankohtaisuus on tärkeää. Palvelu mahdollistaa tehokkaan tiedon visualisoinnin esimerkiksi tilanteissa, joissa paikkatiedon sisältö tai esitystapa muuttuvat usein. Tällaisia käyttökohteita on esimerkiksi sää-, lämpötila- ja liikennetiedot.

Samasta syystä miksi palvelu soveltuu erityisen hyvin usein päivittyvän kartta aineiston esittämiseen, ei se sovellu tapauksiin, joissa tarvitaan suuria määriä raakadataa paikkatietoanalyysiin. Jokainen karttakuva muodostetaan erikseen palvelimella, mikä voi tehdä palvelusta erittäin raskaan suurien aineistojen ja laajojen alueiden käytön yhteydessä. WMS ei myöskään tarjoa mahdollisuutta esitetyn paikkatietoaineiston muokkaamiselle sillä se palauttaa ainoastaan valmiita karttakuvia.

WMS-standardissa määritellään kolme keskeistä palvelinoperaatiota, GetCapabilities, GetMap ja valinnainen GetFeatureInfo. GetCapabilities-operaatiolla käyttäjä voi hankkia metatietoa WMS-palvelusta, kuten saatavilla olevat karttatasot, koordinaattijärjestelmät ja tuetut tiedostomuodot. GetMap-operaatiolla pyydetään karttakuva valituista karttatasoista annetuin parametrein, kuten sijainti, mittakaava, koordinaattijärjestelmä, tyyli ja tiedostomuoto. GetFeatureInfo on valinnainen palvelinoperaatio, jota tuetaan vain karttatasoille, joille on asetettu attribuutti 'queryable=1'. Tämän avulla käyttäjä voi hakea lisätietoa kartalla näkyvistä kohteista esimerkiksi valitsemalla kohteen kartalta. (Beaujardiere 2006, 21, 32-33, 38.)

### **2.3 Web Map Tile Service**

WMTS-palvelu perustuu valmiiksi renderöityihin ja palvelimelle tallennettuihin karttatiiliin (tiles), jotka käyttäjä noutaa palvelimelta HTTP pyynnöllä. Karttatiilet ovat kiinteään kokoisia rasterikuvia, jotka on etukäteen luotu eri mittakaavoille ja maantieteellisille alueille.

Kun käyttäjä pyytää karttaa, palvelin palauttaa suoraan valmiin karttatiilen halutulta alueelta ja valitulta mittakaavatasolta ilman uutta renderöintiä. Tämä mahdollistaa huomattavasti nopeamman vasteajan verrattuna dynaamisesti muodostettuihin karttakuviin, kuten WMS-palveluissa.

WMTS-palvelut soveltuvat erityisen hyvin taustakarttojen tarjoamiseen verkko-sovelluksissa ja mobiililaitteissa. Koska karttatiilet ovat valmiiksi tallennettuja ja nopeasti ladattavissa, palvelu mahdollistaa sujuvan kartan selaamisen, mittakaavan vaihtamisen ja siirtymisen kartalla ilman merkittävää viivettä.

WMTS on erityisen tehokas tilanteissa, joissa kartta-aineisto pysyy muuttumattomana, kuten maastokartoissa, tiekartoissa tai ilmakuvissa. Valmiit karttatiilet vähentävät palvelimen kuormitusta ja parantavat suorituskykyä erityisesti suurilla käyttäjämäärillä ja rajallisilla verkkoyhteyksillä.

WMTS ei sovellu tilanteisiin, joissa kartta-aineistoa tulisi päivittää dynaamisesti. Koska karttatiilet luodaan ja tallennetaan etukäteen, aineiston muuttaminen vaatii tiilien uudelleen renderöinnin ja tallentamisen, mikä tekee reaaliaikaisesta päivityksestä raskaan ja hitaan prosessin.

Lisäksi WMTS-palvelu ei mahdollista paikkatietoaineiston muokkaamista tai analysointia, sillä palvelu tarjoaa ainoastaan valmiita rasterimuotoisia karttatiiliä ilman pääsyä taustalla olevaan raakadataan.

WMTS-standardissa määritellään kolme keskeistä palveluoperaatiota GetCapabilities, GetTile ja valinnainen GetFeatureInfo. GetCapabilities-operaatiolla käyttäjä voi hankkia metatietoa WMTS-palvelusta, kuten tietoa tarjolla olevista karttatasoista, karttatiilistä sekä mahdollisista teema-asetelmista. Lisäksi GetCapabilities-operaatio sisältää version neuvottelumekanismi, jonka avulla asiakasohjelma ja palvelin sopivat käytettävästä standardiversiosta jatkaviestinnässä. GetTile-operaatiolla käyttäjä voi pyytää tietyn karttatiilen tietyltä karttatiili-matriisietilä määrittelemällä muun muassa karttatason tyylin, mittakaavan, rivin ja sarakkeen. GetFeatureInfo on valinnainen palvelinoperaatio, jolla käyttäjä voi hakea lisätietoa tietyn karttatiilen tietyltä sijainnilta esimerkiksi valitsemalla tietyn

pikselin kartalta. Operaatio palauttaa lisätietoa vain tasoilta, joille on määritelty InfoFormat palvelun metatietoon. (Julià, Masó & Pomakis 2010, 36, 40-42, 45.)

## 2.4 Web Feature Service

WFS mahdollistaa paikkatietokohteiden siirron vektorimuodossa verkon yli. Toisin kuin WMS tai WMTS, jotka palauttavat karttakuvan rasterimuodossa, WFS palauttaa itse kohdedatan, esimerkiksi pisteiden, viivojen ja alueiden geometrian sekä niihin liittyvät attribuuttitiedot. Nämä tiedot toimitetaan koneellisesti luettavassa muodossa, kuten GML, mutta monet palvelut tukevat myös muita formaatteja, kuten GeoJSON, KML tai Shapefile.

Käyttäjä voi tehdä palveluun kyselyitä, joilla rajataan palautettavia kohteita esimerkiksi sijainnin, ominaisuustietojen tai ajallisten rajojen perusteella. Palvelu mahdollistaa näin tarkasti kohdennettujen aineistojen hakemisen tarpeen mukaan, eikä kaikkea dataa tarvitse ladata kerralla.

WFS soveltuu erityisesti paikkatietoanalyysiin, tiedon yhdistämisen ja muokkamisen tarpeisiin. Koska käyttäjä saa kohteen rakenteisena vektoridatana, niitä voidaan käsitellä suoraan paikkatieto-ohjelmistoissa tai verkkopohjaisissa GIS-sovelluksissa. Kohteita voi esimerkiksi yhdistää muihin tietoaineistoihin, tehdä laskeita tai tilastollisia analyysyjä, muokata geometriamuotoja tai lisätä omia tietokenttiä.

WFS tarjoaa myös mahdollisuuden dynaamiseen datan päivittämiseen kahteen suuntaan, sekä palvelimelta käyttäjälle, että käyttäjältä palvelimelle. Käyttäjä voi hakea aina ajantasaisen tietokannan tilan palvelimelta, mutta lisäksi WFS tukee myös tiedon päivittämistä, lisäämistä ja poistamista suoraan palvelimelle, mikä mahdollistaa tietokannan reaaliaikaisen ylläpidon ja useiden käyttäjien samanaikaisen työskentelyn samoihin tietoihin.

WFS:n haasteet liittyvät erityisesti suuren tietomäärän siirtoon ja käsittelyyn. Koska palvelu palauttaa kohteet rakenteellisessa muodossa, suuri määrä geo-

metria- ja attribuuttitietoa voi aiheuttaa hitaita latausaikoja ja suurta tiedonsiirto-kapasiteetin tarvetta. Tällöin sekä palvelin että käyttäjän laite voivat kuormittua, mikä voi rajoittaa palvelun laajaa käyttöä erityisesti selainpohjaisissa sovelluk-sissa.

Lisäksi WFS:n käyttö edellyttää paikkatietosovelluksia tai muita yhteensopivia ohjelmistoja, sillä selaimet eivät suoraan osaa esittää tai tulkitä palautettua vek-toridataa visuaalisessa muodossa. Palvelu ei tarjoa valmiita karttakuvia, joten käyttäjän täytyy itse määritellä miten kohteet visualisoidaan tai analysoidaa.

WFS ei ole myöskään paras ratkaisu reaaliaikaisten karttanäkymien selaamiseen tai laajoihin visuaalisiin karttapalveluihin, jossa nopea karttakuvan lataus ja siirty-minen mittakaavojen ja sijaintien välillä on tärkeää. Tällöin rasteripohjaiset palve-lut, kuten WMS ja WMTS tarjoavat parempaa suorituskykyä.

WFS-standardissa määritellään useita keskeisiä palveluoperaatioita, joilla mah-dollistetaan paikkatietojen haku, kuvaus ja muokkaus. Tällaisia palveluoperaati-oita ovat GetCapabilities, DescribeFeatureType, GetPropertyValue, GetFeature, LockFeature, GetFeatureWithLock, sekä Transaction.

GetCapabilities-operaatiolla käyttäjä voi hankkia tietoa palvelun tarjoamista koh-detyypeistä sekä suodatinominaisuuksista. Kohdetyyppien osio sisältää luettelon niistä kohteista, joita palvelu tarjoaa ja palauttaa niitä koskevan metatiedon, kuten nimen ja kuvauksen. Suodatinominaisuudet kertovat millaisia kyselysuodattimia käyttäjä voi käyttää kohdetta hakiessaan. GetCapabilities-vastauksessa voi va-linnaisesti olla mukana myös WSDL-osio, joka viittaa palvelun tarjoamia web ser-vice -operaatioita kuvaavaan dokumenttiin. (Vretanos 2010, 44-46.)

GetFeature-operaatiolla käyttäjä voi hakea palvelusta pyynnössä määriteltyjä ky-selyehtoja vastaavia kohteita. Operaatio palauttaa kohteen yleensä GML-muo-dossa, mutta muitakin formaatteja voidaan tukea. GetFeature mahdollistaa ha-kujen tekemisen esimerkiksi ominaisuusehtojen tai aluerajauksien perusteella, ja vastauksena saadaan kaikki kyselyehtojen määritelmät täyttävät kohteet. (Vreta-nos 2010, 64-65.)

Transaction-operaatiolla käyttäjä voi muokata palvelun tietovarastoa lisäämällä, päivittämällä, korvaamalla tai poistamalla kohteita. Operaatio voi sisältää useita toimintoja yhdessä pyynnössä ja vastauksena palvelu palauttaa yhteenvedon toimenpiteiden onnistumisesta, kuten kuinka monta kohdetta lisättiin, päivitettiin tai poistettiin. Jos pyynnössä on luotu uusia kohteita, vastaus sisältää myös tunnistet uusille kohteille. (Vretanos 2010, 90, 93, 97.)

Lisäksi standardi määrittelee DescribeFeatureType-, GetPropertyValue-, LockFeature- ja GetFeatureWithLock-operaatiot, jotka tukevat tietojen käsittelyä ja lukemista tarkemmalla tasolla. DescribeFeatureType-operaatiolla käyttäjä saa tietoa kohdetyyppien skeemakuvauksesta. GetPropertyValue-operaatiolla käyttäjä voi hakea yksittäisten kohteiden arvoja ilman että tarvitsee noutaa koko kohdetta. LockFeature-operaatiolla voidaan lukita kohde Transaction-operaatiolla toteutettava muokkausta varten, jolloin estetään muiden käyttäjien samanaikainen muokaus. GetFeatureWithLock-operaatiolla käyttäjä voi toteuttaa kohteen hakemisen ja lukitsemisen yhdellä operaatiolla. (Vretanos 2010, 55, 59, 72, 77.)

## 2.5 OGC-rajapintojen toiminnallinen vertailu

Kaikkia kolmea standardia voidaan pitää toisiaan täydentävinä osina paikkatietopalveluiden kokonaisuudessa. WMS ja WMTS soveltuvat erityisesti paikkatiedon visualisointiin ja karttakuvan jakamiseen. WMS tarjoaa dynaamisesti päivittyvää tietoa, mikä tekee siitä erinomaisen valinnan esimerkiksi sää- ja liikennedatan esittämiseen, kun taas WMTS hyödyntää valmiiksi renderöityjä karttatiiliä, mikä mahdollistaa nopean ja sujuvan karttakokemuksen erityisesti vakioaineistoille, kuten taustakartoille.

WFS puolestaan tarjoaa syvemmän pääsyn itse paikkatietoaineistoon vektorimuodossa ja mahdollistaa sen analysoinnin ja muokkaamisen. Tämä tekee WFS:stä tärkeän työkalun paikkatietoanalyysin, suunnittelun ja tiedonhallinnan tarpeisiin.

Valinta näiden standardien välillä riippuu käyttötarkoituksesta, aineiston luonteesta ja käyttäjäryhmän tarpeista. WMS, WMTS ja WFS toimivat usein rinnakkain osana laajempia paikkatietojärjestelmiä, joissa niiden vahvuudet täydentävät toisiaan.

### 3 KARTTATASOJEN INTEGROINTI JA HALLINTA

#### 3.1 Työkalut ja ohjelmistot karttatasojen hallintaan

Karttatasojen integrointi eri lähteistä edellyttää työkaluja, jotka tukevat paikkatietorajapintojen hyödyntämistä sekä aineistojen yhdistämistä yhteen näkymään tai järjestelmään. Käytettävän työkalun valintaan vaikuttaa muun muassa käyttötarkoitus, suorituskykyvaatimukset sekä tekninen ympäristö. Työkalujen tulee mahdollistaa erimuotoisten aineistojen, kuten rasteri- ja vektorimuotoisen datan, yhteiskäyttö sekä tarjota riittävä tuki avoimille standardeille, jotta eri lähteistä tuotua tietoa voidaan hyödyntää tehokkaasti. Erityisesti monilähteisen tiedon hallinta korostuu organisaatioissa, joissa paikkatieto toimii osana päätöksenteon tai operatiivisen toiminnan tukijärjestelmää.

Tässä luvussa esitellään keskeisimmät työkalut, joita voidaan käyttää eri karttatasojen yhdistämiseen, visualisointiin ja hallintaan. Erityistä huomiota kiinnitetään työn esimerkkitoteutuksessa hyödynnettyihin QGIS-paikkatieto-ohjelmistoon sekä GeoServer-palvelinratkaisuun. Lisäksi tarkastellaan lyhyesti muita yleisesti käytettyjä ratkaisuja, kuten Luciad Fusionia ja ArcGIS-tuoteperheeseen kuuluvia ohjelmistoja.

##### 3.1.1 QGIS

QGIS on avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto, joka tarjoaa laajat työkalut paikkatiedon hallintaan, visualisointiin ja analysointiin. Ohjelmisto tukee monia yleisimpiä paikkatietomuotoja ja -protokollia, kuten vektori- ja rasteriaineistoja, sekä verkkorajapintoja kuten WMS, WMTS ja WFS. QGIS on laajasti käytössä eri puolilla maailmaa julkisella ja yksityisellä sektorilla sekä tutkimus- ja opetus-tarkoituksessa. Sen avoimuus, yhteensopivuus ja aktiivinen kehittäjäyhteisö tekevät siitä houkuttelevan vaihtoehdon monille paikkatietosovelluksille.

Tässä työssä QGIS toimi keskeisenä käyttöliittymänä, jonka avulla koottiin, käsiteltiin ja visualisoitiin eri lähteistä tuotua paikkatietoaineistoa. Ohjelmiston avulla

karttatason tuotiin eri rajapinnoista ja yhdistettiin yhdeksi selkeäksi kokonaisuudeksi. Lisäksi ohjelmiston avulla luotiin monikulmiomuotoinen kiinnostuksen kohdealue, jonka visualisointi ja myöhempi julkaisu WFS-rajapinnan kautta toteutettiin yhteistyössä GeoServerin kanssa.

### **3.1.2 GeoServer**

GeoServer on Java-pohjainen avoimen lähdekoodin palvelinratkaisu, jonka avulla paikkatietoa voidaan julkaista ja jakaa verkon yli. Se tukee laajasti OGC:n määrittämiä standardeja kuten WMS sekä WFS. GeoServerin avulla käyttäjät voivat hallita, julkaista ja jakaa vektori- ja rasterimuotoista aineistoa tehokkaasti, mikä tekee siitä erityisen hyödyllisen tilanteissa, joissa halutaan tarjota paikkatietopalveluita hyödyntäen omia aineistoja.

GeoServerin käyttö perustuu selkeään selainkäyttöliittymään, jossa rajapintojen asetukset ja aineistojen hallinta voidaan toteuttaa ilman syvällistä ohjelmointiosaamista. Palvelin tukee lukuisia aineistomuotoja, kuten GeoPackage, Shapefile ja PostGIS, mikä tekee siitä joustavan vaihtoehdon eri organisaatioiden tarpeisiin. GeoServeriä voidaan käyttää niin paikallisesti työasemalla kuin palvelinympäristössä tai pilvipalveluissa, mikä tekee siitä helposti skaalautuvan ratkaisun erilaisiin käyttötarpeisiin.

Tässä työssä hyödynnettiin GeoServer-ohjelmistoa omien paikkatietoaineistojen julkaisemiseen paikallisesti WFS-rajapinnan kautta. GeoServer tarjosi mahdollisuuden jakaa itse tuotettua vektorimuotoista aineistoa samassa muodossa ja samalla tavalla kuin viranomaislähteistä saatavat julkiset rajapinnat. Aineisto luotiin QGIS-ohjelmistossa monikulmiomuotoisena vektoritasona ja tallennettiin GeoPackage-muodossa, minkä jälkeen se siirrettiin GeoServerin tiedostohakemistoon ja julkaistiin WFS-rajapinnan avulla. Näin aineisto voitiin liittää QGIS-projektiin suoraan verkkorajapintana ilman tarvetta paikalliseen tallennukseen.

### **3.1.3 Luciad Fusion ja ArcGIS**

QGIS:n ja GeoServerin ohella paikkatietoaineistojen hallintaan ja visualisointiin on olemassa useita muita ratkaisuja, joista erityisesti Luciad Fusion ja ArcGIS

ovat teknisesti kehittyneitä ja laajasti käytettyjä ohjelmistoja. Nämä järjestelmät tarjoavat monipuolisia toimintoja suurten paikkatietoaineistojen käsittelyyn, reaaliaikaiseen visualisointiin sekä laajoihin integraatioihin erilaisissa kehitysympäristöissä.

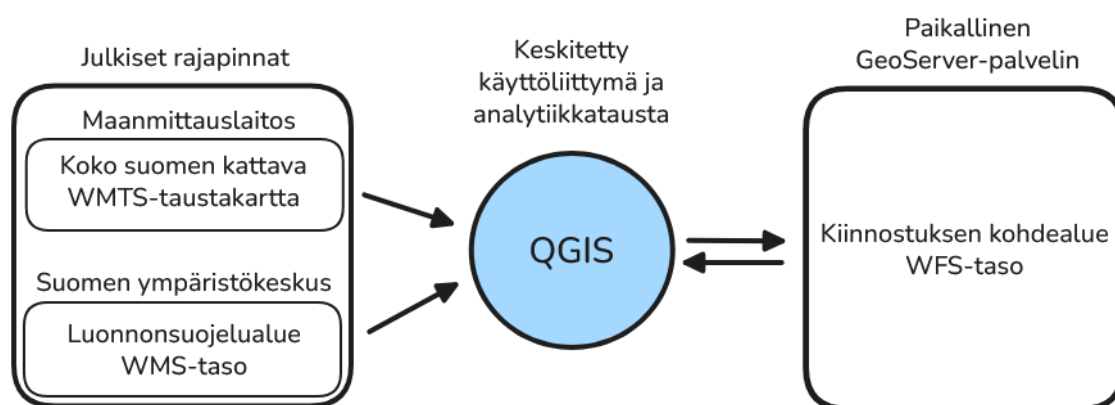
Luciad Fusion on korkean suorituskyvyn paikkatietoratkaisu, joka on suunniteltu erityisesti vaativiin 2D- ja 3D-visualisointeihin, kuten ilmailu-, puolustus-, ja kriisinhallintajärjestelmiin. Ohjelmisto on kaupallinen ja sen käyttö edellyttää erillistä lisenssiä. Luciad Fusion tukee avoimia paikkatietostandardeja kuten WMS, WFS ja OGC 3D, ja se kykenee yhdistämään monilähteistä aineistoa tehokkaasti sekä tarjoamaan tukea useille formateille ja rajapinnoille. Sen vahvuuksia ovat erityisesti korkea renderöintinopeus ja tehokas tietovirtojen hallinta.

ArcGIS on yksi maailman tunnetuimmista kaupallisista paikkatietojärjestelmistä, jota tarjoaa yhdysvaltalainen Esri. Se muodostaa laajan ohjelmistokokonaisuuden (ArcGIS-tuoteperhe), joka kattaa niin työpöytäsovellukset kuin pilvipalvelut. ArcGIS on suljettu, lisenssipohjainen ohjelmisto, jonka käyttö vaatii maksullista käyttöoikeutta. Se tukee avoimia standardeja kuten WMS ja WFS, mutta sen vahvuus on erityisesti kokonaisvaltaisessa ekosysteemissä ja valmiissa työkaluissa tiedon analysointiin, julkaisuun ja jakeluun.

### **3.2 Käytännön toteutus QGIS- ja GeoServer-työkaluilla**

Tässä luvussa esitellään käytännön esimerkkitoetus, jonka tavoitteena on visualisoida Suomessa sijaitsevat luonnonsuojelualueet avoimen rajapinnan kautta ja tarkentaa tarkastelua itse luodun kiinnostuksen kohdealueen avulla. Tarkoituksena on osoittaa miten erityyppisiä ja eri lähteistä tulevia paikkatietorajapintoja voidaan yhdistää toimivaksi kokonaisuudeksi paikkatieto-ohjelmistossa. Toteutus on laadittu QGIS-ohjelmistossa ja perustuu sekä julkisiin rajapintoihin että itse tuotettuun, GeoServer-palvelinratkaisussa julkaistuun vektorimuotoiseen aineistoon.

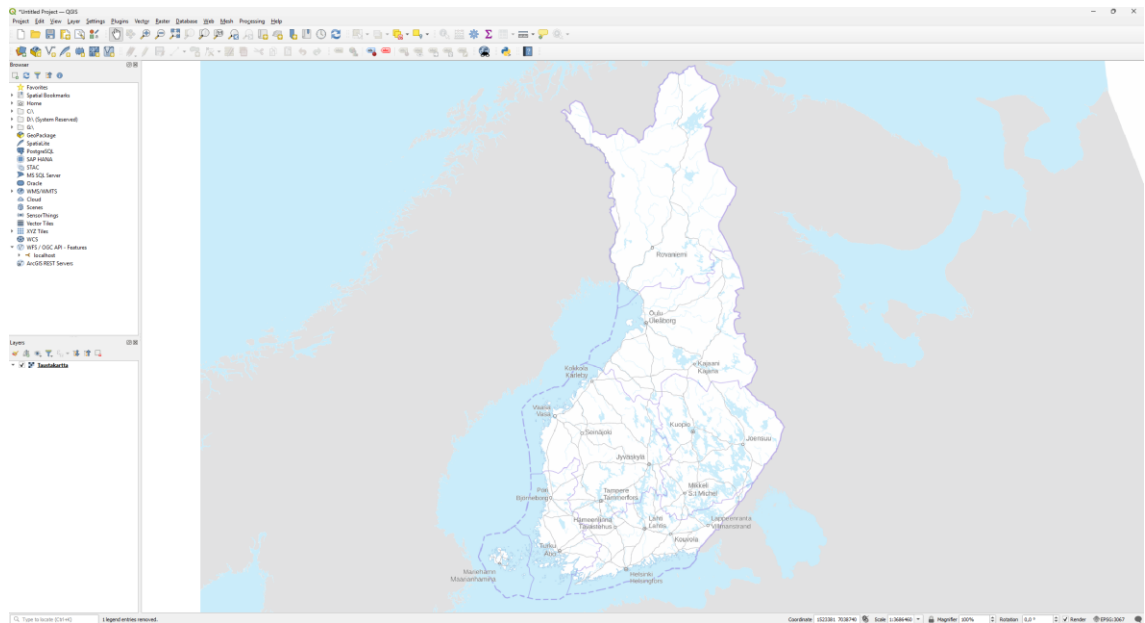
Kuviossa 1 on esitetty toteutuksen rakenteellinen kokonaisuus, jossa QGIS toimii keskitettynä työkaluna ja käyttöliittymänä, johon yhdistyvät sekä julkiset paikkatietorajapinnat että paikallisesti tuotettu aineisto. Karttanäkymä rakentui kolmesta tasosta: Maanmittauslaitoksen WMTS-taustakartasta, Suomen ympäristökeskuksen WMS-palvelun luonnonsuojelualueaineistosta sekä GeoServerin kautta julkaistusta kiinnostuksen kohdealueen WFS-tasosta. Jokainen karttataso toi toteutukseen oman roolinsa: taustakartta tarjosi visuaalisen kehyksen, luonnonsuojelualueet sisällöllisen kohteen ja kiinnostuksen kohde rajasi alueen, johon huomiota haluttiin erityisesti kiinnittää.



KUVIO 1. Esimerkkitoteutuksen tietovirrat ja rajapintakokonaisuus.

Kaikkien aineistojen yhteiskäytön kannalta oli keskeistä, että ne tukivat samaa koordinaattijärjestelmää. Projektin koordinaattijärjestelmäksi valittiin EPSG:3067 (ETRS-TM35FIN), joka on Suomen kansallinen koordinaattijärjestelmä ja yleisesti käytetty suomalaisessa paikkatietotyössä. Tämä mahdollisti suoran yhteensopivuuden esimerkiksi SYKE:n ja MML:n tarjoamien aineistojen kanssa. Tämän valinnan ansiosta eri lähteistä tuodut karttatasot voitiin esittää ja tarkastella yhteisesti ilman merkittäviä yhteensopivuusongelmia.

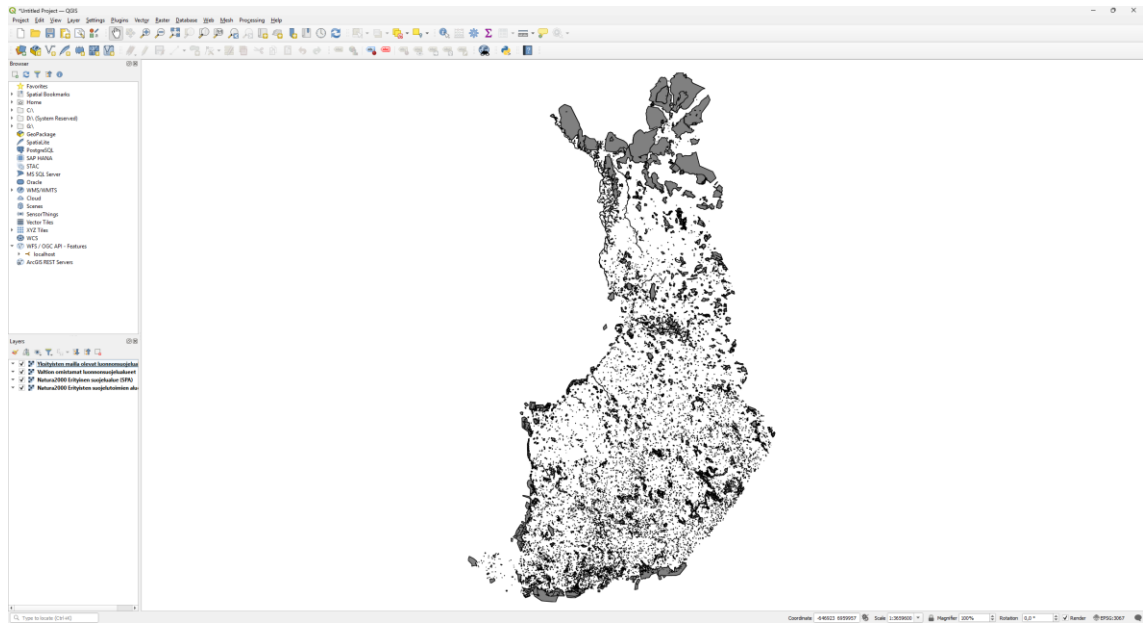
Karttanäkymän pohjaksi valittiin Maanmittauslaitoksen tarjoama taustakartta, joka liitettiin projektiin WMTS-rajapinnan kautta (kuva 1). Kartta tarjosi visuaalisesti selkeän ja teknisesti kevyen perustan muiden karttatasojen esittämiselle. WMTS:n etuna on erityisesti sen suorituskyky. Valmiiksi renderöidyt karttatiilet mahdollistivat kartan sulavan käytön QGIS-ohjelmistossa ilman merkittäviä latausviiveitä. Käytetty rajapinta oli Maanmittauslaitoksen avoin WMTS-palvelu, jonka käyttö edellytti API-avainta (Karttapalvelu (WMS, WMTS, Vektoritiilet) n.d).



KUVA 1. Koko suomen taustakartta MML:n avoimesta WMTS-rajapinnasta.

Luonnonsuojelualueet haettiin Suomen ympäristökeskuksen tarjoaman WMS-palvelun kautta. SYKE:n WMS-palvelu on osa laajaa paikkatietorajapintojen kokonaisuutta, jonka kautta on saatavilla kymmeniä aineistokokonaisuuksia eri teemoista, kuten aluesuunnittelu, geologia, vesistöt ja suojellut alueet (Paikkatietorajapinnat 2025). Tässä työssä keskityttiin suojeltujen alueiden rajapinnan tarjoamaan luonnonsuojelualueaineistoon, mutta rajapinnan kattavuus tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia myös muihin analyysitarpeisiin.

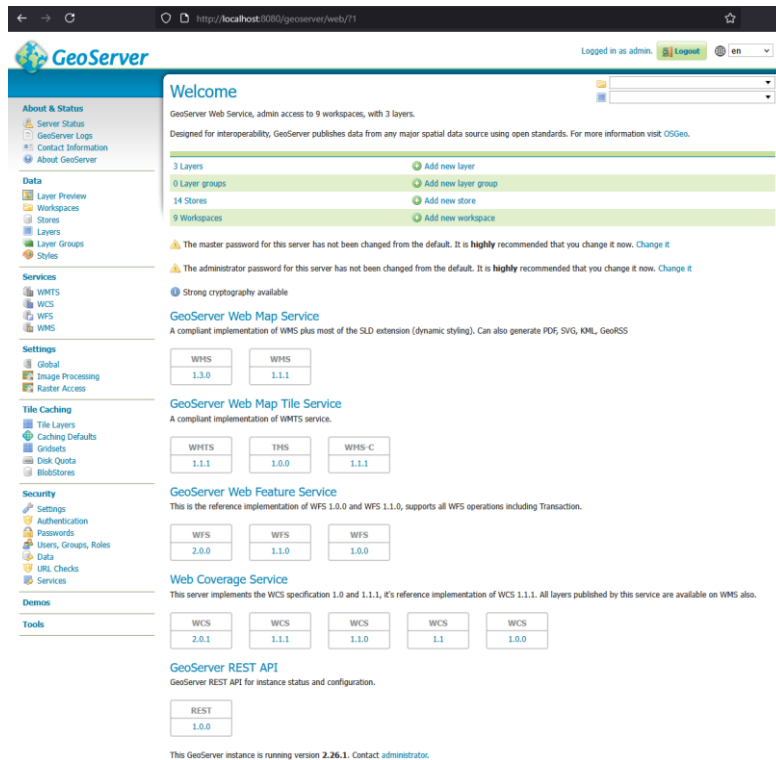
Rajapinnan karttatasoista valittiin käytettäväksi Natura 2000 -alueet, valtion omistamat luonnonsuojelualueet sekä yksityisten mailla sijaitsevat luonnonsuojelualueet (kuva 2). Rakennusperintöä ja kirkollisia kohteita koskevat tasot jätettiin tarkoituksella pois, jotta tarkastelu kohdistuisi luonnon monimuotoisuuteen liittyviin alueisiin. WMS-aineistoa ei ladattu paikallisesti, vaan se esitettiin suoraan palvelimelta.



KUVA 2. Suomen luonnonsuojelualueet SYKE:n WMS-rajapinnasta.

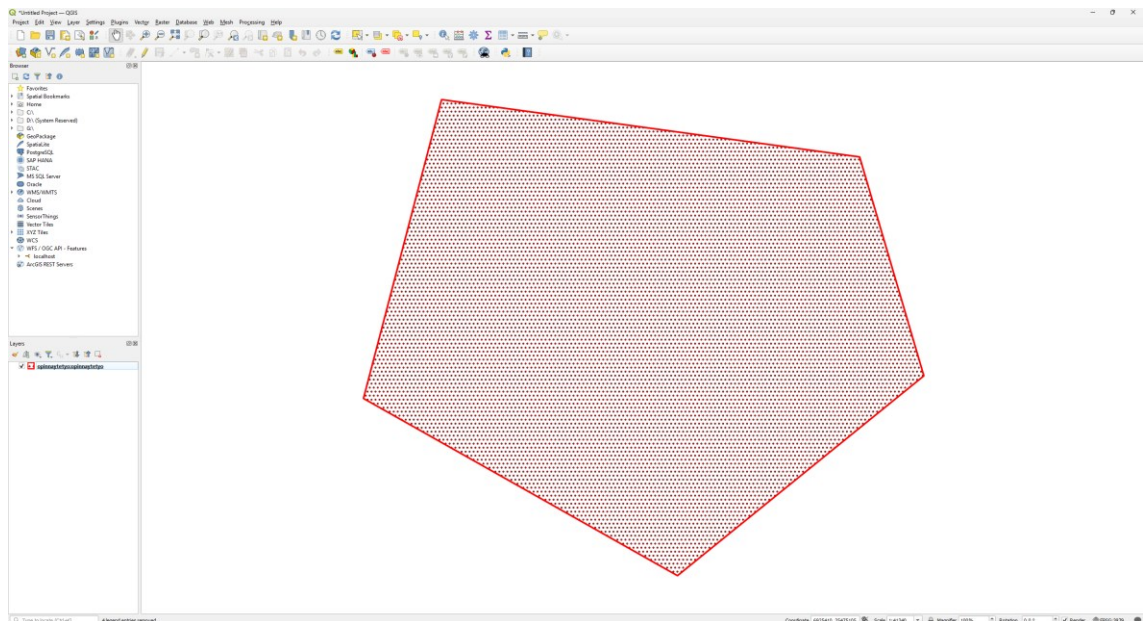
Kiinnostuksen kohteena oleva alue tuotettiin itse QGIS-ohjelmistossa piirretyn monikulmion avulla. Tämä vektorimuotoinen aineisto tallennettiin GeoPackage-muodossa ja julkaistiin sen jälkeen GeoServerin kautta WFS-rajapintana.

GeoServerin käyttöönotto toteutettiin asentamalla ohjelmisto paikalliseen testiympäristöön, minkä jälkeen aineiston julkaisu tehtiin selainpohjaisen käyttöliittymän kautta (kuva 3). Palvelimessa luotiin aluksi uusi työtila (workspace), joka toimii loogisena kokonaisuutena eri aineistojen ryhmittelyyn ja hallintaan. Tämän jälkeen määritettiin tietolähde (stores), jonka kautta GeoServer saa yhteyden varsinaiseen aineistotiedostoon. Tähän liitettiin aikaisemmin QGIS-ohjelmalla tuotettu GeoPackage aineisto. Lopuksi taso (layer) julkaistiin. GeoServer tunnisti automaattisesti tietolähteen monikulmiotason ja käytetyn koordinaattijärjestelmän. Tasolle asetettiin aineiston rajaukset (Bounding Box), mikä onnistui helposti palvelimen tarjoamalla automaattisella työkalulla.



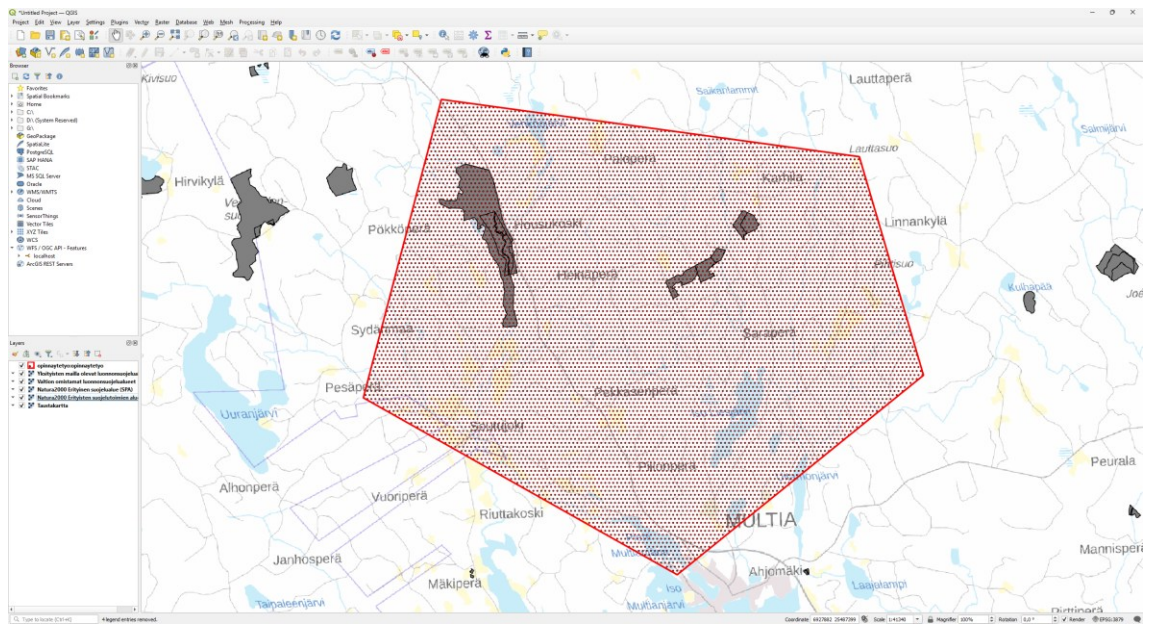
KUVA 3. GeoServer web-käyttöliittymä.

Julkaisun jälkeen taso voitiin liittää mukaan QGIS-projektiin samalla tavoin kuin avoimet viranomaisaineistot. Kiinnostuksen kohdealue toimi visuaalisena työkaluna (kuva 4), jonka avulla käyttäjän huomio voitiin kohdistaa tiettyyn alueeseen, jolle mahdollisesti haluttaisiin myöhemmin tehdä tarkempaa tarkastelua, muutosta tai jatkokehitystä. Taso toimi näin osana käyttöliittymän suunnittelullista selkeyttä ja sisällöllistä jäsentämistä.



KUVA 4. Kiinnostuksen kohdealue QGIS:ssa, julkaistuna WFS-rajapinnalla.





KUVA 6. Yhdistetty karttanäkymä tarkennettuna kiinnostuksen kohdealueeseen.

## 4 HAASTEET JA MAHDOLLISUUDET

Toteutuksessa esiin nousi useita teknisiä ja toiminnallisia havaintoja, jotka heijastavat laajempia haasteita paikkatietorajapintojen yhteensopivuudessa, aineistojen hallinnassa ja palvelujen käytettävyydessä. Tässä luvussa tarkastellaan näitä havaintoja sekä nostetaan esille paikkatietopalveluiden tarjoamia mahdollisuuksia erityisesti ajantasaisuuden, suorituskyvyn ja tulevaisuuden kehityssuuntien näkökulmista.

Tarkastelu perustuu työn esimerkkitoteutukseen QGIS- ja GeoServer-ympäristössä, mutta huomioissa pyritään myös tunnistamaan yleisempiä teemoja, jotka ovat olennaisia monilähteen paikkatiedon integroinnissa ja käytössä. Esille nousseet tekniset haasteet eivät rajoitu vain tähän toteutukseen, vaan vastaavia tilanteita kohdataan yleisesti paikkatietojärjestelmissä eri toimijoilla, kuten viranomaisilla ja yrityksillä

### 4.1 Toteutuksen tekniset havainnot

Yhteensopivan paikkatietoaineiston löytäminen osoittautui hankalaksi. Aineistoja etsiessä keskeisiksi valintakriteereiksi nousivat yhtenäinen maantieteellinen kattavuus (esim. koko Suomi tai muuten kattava rajaus) sekä käytetty koordinaattijärjestelmä. Monet saatavilla olevat aineistot kattoivat vain rajattuja alueita, kuten yksittäisiä kaupunkeja tai seutukuntia (esim. pääkaupunkiseutu). Lisäksi aineistot oli usein julkaistu eri koordinaattijärjestelmissä, mikä olisi edellyttänyt muunnoksia yhteensopivuuden varmistamiseksi paikkatieto-ohjelmistossa.

Toteutuksen aikana havaittiin useita käytännön yksityiskohtia, jotka vaikuttivat karttatasojen yhteensopivuuteen ja järjestelmän toimivuuteen. Erityisesti koordinaattijärjestelmän määrittely osoittautui kriittiseksi tekijäksi. Alkuvaiheessa QGIS-projektin koordinaattijärjestelmä oli jätetty ohjelmiston oletusarvoon, EPSG:4326 – WGS 84, joka ei vastannut käytettyjen aineistojen, kuten Maanmittauslaitoksen WMTS-taustakartan ja SYKE:n WMS-rajapintojen, käyttämää Suomen kansal-

lista koordinaattijärjestelmää. Nämä aineistot perustuivat ETRS-TM35FIN-järjestelmään, jonka virallinen EPSG-tunniste on 3067. QGIS-ohjelmistossa tämä järjestelmä näkyy nimellä EUREF-FIN / TM35FIN(E,N), mikä vastaa Maanmittauslaitoksen määritelmää. (Suomessa käytettävät EPSG-koodit n.d.)

Koordinaattijärjestelmien ero johti karttatasojen väärään sijoittumiseen ja huomattavaan suorituskyvyn heikkenemiseen, kun ohjelmisto yritti muuntaa koordinaatteja lennosta. Väärin asetettu koordinaattijärjestelmä aiheutti myös satunnaisia ohjelmiston kaatumisia, mikä johti tallentamattoman tiedon menettämiseen. Ongelma ratkesi välittömästi, kun projektin koordinaattijärjestelmä vaihdettiin vastaamaan aineistojen natiivia järjestelmää, jolloin kaikki karttatasot asettuivat oikein ja ohjelmisto toimi vakaasti.

Erilaisten rajapintojen yhteiskäyttö toi esiin niiden luonteeseen liittyviä käytännön eroja. WMTS-taustakartta toimi erittäin suorituskykyisesti, sillä valmiiksi renderöidyt karttatiilet mahdollistivat nopean ja viiveettömän karttaliikkumisen. WMS-rajapinnan kautta haettu luonnonsuojelualueaineisto sen sijaan latautui hieman hitaammin, mikä johtui palvelimen dynaamisesta kuvantuotannosta. Tässä suhteessa havaittiin selkeä ero rasteripohjaisten palveluiden välillä. Valmiit tiilet tarjosivat selvästi paremman vasteajan verrattuna reaaliaikaisesti muodostettaviin kuviin.

Myös itse toteutettu WFS-rajapinta osoittautui toimivaksi ratkaisuksi oman aineiston jakamiseen. GeoServerissä julkaistu monikulmiomuotoinen kiinnostuksen kohdealue näkyi QGIS-ohjelmistossa saumattomasti muiden rajapintojen rinnalla. Aineisto palautui oikein ja oli välittömästi käytettävissä ilman erillisiä muunnoksia tai paikallista tallennusta. Koska toteutuksessa käytetty vektoritaso oli hyvin yksinkertainen ja pieni, sisältäen vain yhden monikulmion, ei sen suorituskykyä tässä yhteydessä voitu arvioida kattavasti suhteessa julkisilta palveluntarjoajilta saatuihin rajapinta-aineistoihin.

## 4.2 Tietoaineistojen ajantasaisuus ja päivitettävyys

Ajantasaisen paikkatiedon merkitys korostuu yhä vahvemmin digitaalisessa yhteiskunnassa, jossa päätöksenteko, seuranta ja analytiikka nojaavat reaaliaikaisesti päivittyvään aineistoon. Esimerkiksi julkisessa hallinnossa, kriisinhallinnassa ja kaupunkisuunnittelussa ajantasainen tieto toimii luotettavan toiminnan perustana. Samaan aikaan tietoaineistojen määrä, monimuotoisuus ja tuotantotavat ovat kasvaneet huomattavasti, mikä luo haasteita tiedon hallittavuudelle ja päivitettävyydelle.

Paikkatietopalveluiden teknisissä standardeissa on eroja sen suhteen, kuinka tehokkaasti ne tukevat ajantasaisuuden ylläpitoa ja kuinka ne on alun perin suunniteltu tätä käyttötarkoitusta varten. Web Map Service renderöi karttakuvia dynaamisesti suoraan lähdeaineistosta jokaisen pyynnön yhteydessä, mikä mahdollistaa tiedon ajantasaisuuden suoraan karttanäkymässä (Beaujardiere 2006, 5). Tämä tekee siitä joustavan vaihtoehdon tilanteisiin, joissa tietojen tuoreus on keskeistä.

Web Map Tile Service puolestaan perustuu ennalta renderöityihin karttatiiliin, jotka on tallennettu valmiiksi tietyille mittakaavoille ja aluerajauksille. Tämä parantaa suorituskykyä, mutta samalla tekee ajantasaisuuden ylläpidosta haastavampaa. Jos taustalla oleva aineisto muuttuu, vastaavat tiilet on renderöitävä uudelleen ja korvattava palvelimella. (Julià ym. 2010, xii.)

Web Feature Service on alun perin suunniteltu tukemaan paitsi tietojen lukemista, myös niiden päivittämistä ja muokkaamista palvelun kautta. Standardiin sisältyy Transaction-operaatio, jonka avulla voidaan lisätä, muokata ja poistaa kohteita suoraan palvelimen kautta. (Vretanos 2010, 1.) Tämä tekee siitä teknisesti erityisen hyvin soveltuvan tilanteisiin, joissa tarvitaan reaaliaikaista ja kaksisuuntaista vuorovaikutusta vektoripohjaisen aineiston kanssa.

### 4.3 Suorituskyky ja skaalautuvuus suurilla aineistomäärillä

Paikkatietopalveluiden suorituskyky ja skaalautuvuus riippuvat vahvasti siitä, mikä OGC:n määrittelemistä palvelinstandardeista valitaan käytettäväksi ja kuinka hyvin se soveltuu käyttötarkoitukseen. WMS, WMTS ja WFS palvelevat erilaisia käyttötarpeita ja väärän standardin valinta voi johtaa merkittäviin suorituskykyongelmiin.

WMS on suunniteltu tarjoamaan karttoja dynaamisesti renderöityinä rasterikuvinä. Se on joustava ja mahdollistaa monipuolisia visualisointeja, mutta jokainen pyyntö edellyttää palvelimelta uuden renderöinnin. Tämä tekee WMS-standardista raskaan ja kuormittavan erityisesti suurten käyttäjämäärien ja monimutkaisten karttatasojen yhteydessä.

WMTS puolestaan perustuu valmiiksi renderöityihin ja välimuistiin tallennettuihin karttatiiliin, mikä parantaa merkittävästi suorituskykyä ja skaalautuvuutta. Se soveltuu erityisen hyvin tilanteisiin, joissa käyttäjät selaavat karttaa nopeasti ja toistuvasti. Koska WMTS hyödyntää ennalta määritettyjä mittakaavatasoja ja aluerajauksia, se mahdollistaa erittäin nopean vasteajan ja vähentää palvelimen kuormitusta.

WFS eroaa WMS- ja WMTS-palveluista tarjoamalla aineistoa vektorimuotoisena paikkatietona. Tämä tekee siitä hyvin soveltuvan analytiikkaan, tietojen tarkasteluun ja muokkaamiseen. Suurilla tietomäärillä palvelun vasteajat kasvavat merkittävästi, sillä vektorimuotoinen paikkatieto toimitetaan usein GML- tai vastaavassa rakenteellisessa muodossa, joka sisältää kohteen sijaintitiedot, ominaisuustiedot ja tietomallin rakenteen. Tämä tekee tiedonsiirrosta kattavaa, mutta raskasta erityisesti tilanteissa, joissa kyselyt kohdistuvat laajoihin ja yksityiskohdaisiin aineistoihin. Lisäksi käyttöliittymä joutuu renderöimään vastaanotetun kohteen paikallisesti, mikä voi edelleen lisätä viivettä.

Tilanteisiin, jotka vaativat nopeaa ja luotettavaa paikkatietoa, kuten kriisinhallinnassa, Zhang ym. (2013) esittävät WFS-palveluiden suorituskykyongelmien ratkaisuksi arkkitehtuurin, jossa hyödynnetään useita WFS-palvelimia rinnakkain

yhdistettynä Voronoi-diagrammipohjaiseen tilajakoon ja indeksointiin. Arkkitehtuuri mahdollistaa kyselyiden hajauttamisen maantieteellisesti merkityksellisiin osajoukkoihin, mikä vähentää yksittäisten palvelimien kuormitusta ja nopeuttaa vastausaikoja. Tällä tavalla tutkimuksessa saavutettiin merkittäviä vasteajan parannuksia paikkatiedon saavutettavuudessa. (Zhang, Zhao & Li 2013, 70-77.)

Laajempaa näkökulmaa paikkatietopalveluiden suorituskykyyn tarjoaa Gui ym. (2016), jotka analysoivat laajassa globaalissa tutkimuksessa yli 41000 WMS-palvelua ja tarkastelivat tarkemmin 1210 WMS-palvelun suorituskykyä hajautetun mittausarkkitehtuurin avulla. Tutkimuksessa havaittiin merkittävää alueellista ja ajallista vaihtelua vasteajoissa. Vasteajat olivat keskimäärin lyhyempiä, kun palvelin sijaitsi lähempänä käyttäjää. Lisäksi ne vaihtelivat vuorokaudenajan mukaan, ollen nopeampia öisin ja hitaampia päivisin. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin yksittäisten palvelinoperaatioiden toimintaa. GetMap-operaation saavutettavuus ja vakaus olivat selvästi heikompia kuin GetCapabilities-operaation. Tämä johtui renderöinnin ja datankäsittelyn raskaammasta prosessoinnista palvelimen päässä. (Gui, Cao, Liu, Cheng & Wu 2016, 15-20.)

Yhteenvedona voidaan todeta, että palvelun suorituskyky suurilla aineistomäärillä on sidoksissa standardi valintaan, datan rakenteeseen ja palvelinarkkitehtuurin tehokkuuteen. WMTS tarjoaa selvästi parhaan skaalautuvuuden suurilla aineistoilla, kun taas WMS soveltuu joustavampaan visualisointiin ja WFS mahdollistaa syvällisen analysoinnin ja vuorovaikuttamisen datan käsittelyyn. Kunkin standardin rajoitteet on tunnistettava suunnitteluvaiheessa, jotta järjestelmä pystyy vastaamaan sekä toiminnallisiin että suorituskykyvaatimuksiin.

#### **4.4 Standardit ja yhteensopivuus**

Yhteentoimivuus on keskeinen vaatimus paikkatietojärjestelmien toimivuudelle. Se korostuu erityisesti tilanteissa, joissa yhdistetään aineistoja eri lähteistä, formateista ja teknologioista. Avoimet standardit tarjoavat tähän tärkeän välineistön, sillä ne mahdollistavat tiedon vaihdon eri järjestelmien välillä ilman tarvetta suljetuille, valmistajakohtaisille ratkaisuille.

OGC-standardit, kuten WMS, WMTS ja WFS, ovat laajasti levinneitä ja yleisesti käytettyjä rajapintamäärittelyjä, jotka tukevat paikkatiedon jakamista, visualisointia ja muokkaamista verkkopohjaisissa sovelluksissa. Vaikka nämä standardit luovat teknisen perustan yhteentoimivuudelle, niiden käytännön soveltaminen voi erota eri järjestelmissä. Tämä johtuu muun muassa siitä, että standardit jättävät tilaa toteutuskohtaisille valinnoille esimerkiksi formaattien, koordinaattijärjestelmien ja tietomallien suhteen.

Käytännön yhteensopivuus ei tarkoita vain teknistä kykyä näyttää ja lukea tietoa, vaan myös semanttista ja rakenteellista yhdenmukaisuutta. Aineiston formaatti, koordinaattijärjestelmä, attribuuttien nimet ja merkitys sekä dokumentaatio vaikuttavat kaikki siihen, kuinka hyvin eri järjestelmät voivat hyödyntää samaa aineistoa. Vaikka kaksi palvelinta tukisivat samaa OGC-standardia, ne eivät välttämättä ole yhteensopivia ilman yhteistä käsitystä metatiedoista ja tietomalleista.

Euroopassa yhteensopivuuden vaatimuksia edistää INSPIRE-direktiivi, joka täydentää teknisiä standardeja määrittelemällä yhteiset tietomallit, koordinaattijärjestelmät ja julkaisuperiaatteet. Direktiivin tavoitteena on varmistaa, että eri maiden julkishallinnot tuottavat ja jakavat paikkatietoa yhteisellä tavalla. Näin tekninen toteutus yhdistyy sisällölliseen yhdenmukaisuuteen, mikä mahdollistaa rajat ylittävän, semanttisesti yhteensopivan tiedonhallinnan ja tiedonvaihdon. (Joint Research Centre n.d.)

Vaikka OGC-standardit ovat vakiintuneet ja vahva osa paikkatietojärjestelmien kokonaisuutta, ne eivät yksinään ratkaise kaikkia yhteensopivuuden haasteita. Avoimien standardien rinnalla tarvitaan myös sovittuja käytäntöjä, yhtenäisiä tietomalleja sekä käytännön yhteensopivuutta, jotta monilähteinen paikkatieto toimii luotettavasti eri järjestelmissä ja käyttötarkoituksissa.

#### 4.5 Tekoäly ja kielimallit paikkatietopalveluiden automatisoinnissa

Paikkatietopalveluiden käytettävyys on perinteisesti vaatinut käyttäjältä vahvaa teknistä osaamista ja tarkkaa käsitystä käytettävien työkalujen toiminnasta. Viimeaikainen kehitys tekoälyn ja erityisesti suurten kielimallien hyödyntämisessä tarjoaa mahdollisuuksia uusille tavoille käsitellä paikkatietoa.

Yksi esimerkki tästä kehityksestä on tutkimus- ja kehitystyönä esitelty järjestelmä GeoGPT, jossa suuri kielimalli toimii paikkatietoanalyysin ohjaajana. Järjestelmä kykenee automaattisesti tulkitsemaan käyttäjän luonnollisella kielellä esittämiä kyselyitä ja suorittamaan niiden perusteella muun muassa puskurointia, leikkauksia, yhdistämissä sekä karttojen visualisointia. Järjestelmä tukee myös paikkatietoaineistojen integrointia eri lähteistä ja niiden hallintaa osana analyysiprosessia, mikä vähentää manuaalisen tiedonkäsittelyn tarvetta. GeoGPT voi hyödyntää useista lähteistä haettuja karttatasoja, kuten WMS- tai WFS-rajapintojen kautta ladattuja aineistoja ja yhdistää ne osaksi analyysiä ilman, että käyttäjän tarvitsee tuntea taustalla käytettäviä työkaluja. (Yifan, Cheng, Zhenting & Wenhao 2024, 1-20).

Vaikka GeoGPT:n kaltaiset ratkaisut madaltavat kynnyksen paikkatietoanalyysien tekemiseen, herättää kehitys myös kysymyksiä automaation rajoista ja luotettavuudesta. Paikkatietoanalyysi vaatii usein tarkkaa kontekstin ymmärtämistä, jossa tekoälypohjainen tulkinta voi toisinaan johtaa virheellisiin tuloksiin. Esimerkiksi kielimallien taipumus satunnaisiin virhetulkintoihin ja niin sanottuihin hallusinaatioihin voi heikentää analyysin laatua. Tämä korostaa tarvetta säilyttää asiantuntijan rooli osana prosessia, erityisesti päätöksenteon tai tulkinnan kannalta kriittisissä vaiheissa.

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin, kuinka WMS-, WMTS- ja WFS-karttatasoja voidaan integroida ja hallita paikkatieto-ohjelmistossa, kun aineistot ovat peräisin eri lähteistä. Työn aikana toteutettiin esimerkkitoimitus, jossa yhdistettiin avoimia viranomaisaineistoja ja itse tuotettua vektoridataa QGIS- ja GeoServer-ohjelmistoja hyödyntäen.

Toteutuksessa havaittiin, että vaikka OGC-standardit tarjoavat vahvan perustan paikkatiedon jakamiseen ja visualisointiin, käytännön yhteensopivuus ja suorituskyky voivat vaihdella rajapintojen ja aineistojen mukaan. Koordinaattijärjestelmien yhteensopivuus osoittautui keskeiseksi edellytykseksi onnistuneelle integroinnille.

OGC:n määrittelemät standardit muodostavat yhdessä yhtenäisen ja joustavan arkkitehtuurin, jonka avulla paikkatietoa voidaan jakaa, visualisoida ja analysoida monipuolisesti eri sovelluksissa ja käyttötarkoituksissa. Kun rajapintojen tekniset rajoitteet ja aineistojen luonne on otettu huomioon, tarjoaa OGC-standardit helposti lähestyttävän ja tehokkaan tavan yhdistää eri lähteistä tulevaa paikkatietoa.

Työn perusteella voidaan todeta, että WMS soveltuu hyvin dynaamisiin, usein päivittyviin kartta-aineistoihin, kun taas WMTS tarjoaa erinomaisen suorituskyvyn staattisten taustakarttojen esittämiseen. WFS mahdollistaa kohdepohjaisen datan käsittelyn ja analysoinnin, erityisesti silloin kun tarvitaan tarkempaa tietoa yksittäisistä kohteista tai mahdollisuutta muokata vektorimuotoista aineistoa.

Lisäksi jatkokehityksen näkökulmasta keskeiseksi teemaksi nousee tekoälyn, erityisesti suurten kielimallien, hyödyntäminen paikkatietopalveluiden automatisoinnissa. Kuten luvussa 4.5 esitettiin, teknologiat kuten GeoGPT tarjoavat mahdollisuuden madaltaa paikkatieto-ohjelmistojen käyttöön liittyvää osaamisvaatimusta ja nopeuttaa analyysiprosesseja. Jatkotutkimuksissa olisi mahdollista tarkastella, miten tällaisia tekoälyavusteisia työkaluja voidaan integroida olemassa oleviin paikkatietoympäristöihin, kuten QGIS- tai GeoServer-pohjaisiin toteutuksiin, sekä

arvioida niiden luotettavuutta, käytettävyyttä ja soveltuvuutta erilaisten käyttäjäryhmien tarpeisiin.

## LÄHTEET

Beaujardiere, J. (toim.) 2006. OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification. OpenGIS® Implementation Specification 1.3.0 OGC® 06-042. Viitattu 20.4.2025. [https://portal.ogc.org/files/?artifact\\_id=14416](https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=14416)

Church, R. 2002. Geographical information systems and location science. Computers & Operations Research 29 (6), 541-562. Viitattu 10.5.2025. Vaatii käyttöoikeuden. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00104-5)

Gui, Z., Cao, J., Liu, X., Cheng, X. & Wu, H. 2016. Global-scale resource survey and performance monitoring of public ogc web map services. ISPRS International Journal of Geo-Information. 5 (6), artikkeli 88. Viitattu 27.5.2025. <https://doi.org/10.3390/ijgi5060088>

Joint Research Centre. n.d. INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe. European Commission. Verkkosivu. Viitattu 30.5.2025. [https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/index\\_en](https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/index_en)

Julià, N., Masó, J. & Pomakis, K. (toim.) 2010. OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard. OpenGIS® Implementation Standard 1.0.0 OGC 07-057r7. Viitattu 3.5.2025. [https://portal.ogc.org/files/?artifact\\_id=35326](https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=35326)

Karttakuvapalvelu (WMS, WMTS, Vektoritiilet). n.d. Maanmittauslaitos. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2025. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/aineistot-ja-rajapinnat/karttojen-rajapintapalvelut/karttakuvapalvelu-wms-0#otakayttoosi>

Ma, X. 2017. Linked Geoscience Data in practice: where W3C standards meet domain knowledge, data visualization and OGC standards. Earth Science Informatics 10 (4), 429–441. Viitattu 29.4.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://doi.org.libproxy.tuni.fi/10.1007/s12145-017-0304-8>

Paikkatietorajapinnat. Päivitetty 25.3.2025. Suomen ympäristökeskus. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2025. <https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto/avoimet-rajapinnat/paikkatietorajapinnat>

Suomessa käytettävät EPSG-koodit ja PROJ-muunnosohjelmat. n.d. Maanmittauslaitos. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2025. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/koordinaatit-ja-paikannus/epsg-koodit-ja-proj-muunnosohjelmat>

Vretanos, P. (toim.) 2012. OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard. OpenGIS® Implementation Standard 2.0.0 OGC 09-025r1 and ISO/DIS 19142. Viitattu 7.5.2025. [https://portal.ogc.org/files/?artifact\\_id=39967](https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=39967)

Yifan, Z., Cheng, W., Zhenting, H. & Wenhao, Y. 2024. GeoGPT: An assistant for understanding and processing geospatial tasks. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 131, artikkeli 103976. Viitattu 23.5.2025. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103976>

Zhang, C., Zhao, T. & Li, W. 2013. Towards improving query performance of web feature services (WFS) for disaster response. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2 (1), 67-81. Viitattu 27.5.2025.  
<https://doi.org/10.3390/ijgi2010067>