



HÖGSKOLAN
DALARNA

Examensarbete

Kandidatnivå

Att överföra geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben

Författare: Johan Pettersson, Daniel Stenback
Handledare: Johan Håkansson, Hans Rosendahl
Examinator: Bo Sundgren
Ämne/huvudområde: Informatik
Kurskod:2017
Poäng:15
Ventilerings-/examinationsdatum: 2015-06-03

Vid Högskolan Dalarna har du möjlighet att publicera ditt examensarbete i fulltext i DiVA. Publiceringen sker Open Access, vilket innebär att arbetet blir fritt tillgängligt att läsa och ladda ned på nätet. Du ökar därmed spridningen och synligheten av ditt examensarbete. Open Access är på väg att bli norm för att sprida vetenskaplig information på nätet. Högskolan Dalarna rekommenderar såväl forskare som studenter att publicera sina arbeten Open Access.

Jag/vi medger publicering i fulltext (fritt tillgänglig på nätet, Open Access):

Ja

Nej

Sammanfattning

Semantiska webben är ett begrepp som handlar om att göra data tillgängligt på ett sätt som gör att datorer kan söka, tolka och sätta data i ett sammanhang. Då mycket av datalagring idag sker i relationsdatabaser behövs nya sätt att omvandla och lagra data för att det ska vara tillgängligt för den semantiska webben.

Forskning som genomförts har visat att transformering av data från relationsdatabaser till RDF som är det format som gör data sökbar på semantiska webben är möjlig men det finns idag ingen standardisering för hur detta ska ske.

För att data som transformeras ska få rätt betydelse i RDF så krävs ontologier som beskriver olika begrepps relationer. Nationella vägdatan (NVDB) är en relationsdatabas som hanterar geospatiala data som används i olika geografiska informationssystem (GIS). För samarbetspartnern Triona var det intressant att beskriva hur denna typ av data kan omvandlas för att passa den semantiska webben.

Syftet var att analysera hur man överför geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben. Målet med studien var att skapa en modell för hur man överför geospatiala data till i en relationsdatabas till en RDF-lagring och hur man skapar en ontologi som passar för NVDB's data och datastruktur.

En fallstudie genomfördes med dokumentstudier utifrån en inledande litteraturstudie.

En ontologi skapades för det specifika fallet och utifrån detta skapades en modell för hur man överför geospatiala data från NVDB till RDF via programvaran TripleGeo. Analysen har skett genom att transformerad data har analyserats med hjälp av befintlig teori om RDF och dess struktur och sedan jämföra och se så att data får rätt betydelse. Resultatet har också validerats genom att använda W3C's tjänst för att validera RDF.

Resultatet visar hur man transformerar data från en relationsdatabas med geospatiala data till RDF samt hur en ontologi för detta skapats. Resultatet visar också en modell som beskriver hur detta utförs och kan ses som ett försök till att generalisera och standardisera en metod för att överföra geospatiala data till RDF.

Abstract

Semantic Web is a concept that is about to make data available in a way that enables computers to search, interpret and put the data into context. Since much of the data storage today is done in relational databases, new ways to convert and store data for it to be available for the Semantic Web is needed.

Studies have shown that transformation of data from relational databases to RDF, which is the format that makes the data searchable on the Semantic Web, is possible but there is currently no standardization of how this is done.

To get the right meaning in RDF transformed data it requires ontologies that describe different conceptual relationships. NVDB is a relational database that handles geospatial data used in different GIS systems. For the partner Triona it was interesting to describe how this data can be converted to suit the Semantic Web.

The purpose was to analyze how to transfer geospatial data from a relational database to the Semantic Web. The goal of the study was to create a model for how to transfer geospatial data in a relational database to RDF storage and how to create an ontology that is suitable for the NVDB's data and data structure. A case study was conducted with document studies based on an initial literature review. An ontology was created for the specific case and, based on that, a model was created for how to transfer geospatial data from the NVDB to the RDF through the software TripleGeo. The analysis has been done by analyzing the transformed data using the existing theories of RDF and its structure, and then compared and see that the data has been given the right meaning. The result has also been validated using W3C's service to validate RDF.

The result shows how to transform data from a relational database with geospatial data to RDF and how an ontology of this is created. The results also show a model that describes how this is carried out and can be seen as an attempt to generalize and standardize a method for transferring geospatial data to RDF.

Nyckelord

Semantisk webb, Relationsdatabas, RDF, Ontologi, GIS, Spatiala data

Dalarna University
Röda vägen 3
S-781 88 BORLÄNGE

Telephone:
Fax:
URL:

+46 (0)23 77 80 00
+46 (0)23 77 80 50
<http://www.du.se/>

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till våra engagerade handledare Johan Håkansson och Hans Rosendahl vid Högskolan Dalarna som har bidragit med stor kunskap och kritiskt granskande av vårt arbete.

Vi vill också rikta ett stort tack till våra handledare Lars Wikström och Anders Nilsson vid Triona som som bidragit med stöd och engagemang genom hela arbetet.

Borlänge, juni - 2015

Johan Pettersson, Daniel Stenback

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Problemformulering.....	2
1.3	Syfte.....	2
1.4	Mål.....	3
1.5	Samarbetspartner	3
1.6	Avgränsning.....	3
2	Teoretisk referensram.....	5
2.1	Litteraturstudie.....	5
2.2	Slutsats av litteraturstudien.....	6
2.3	Semantiska webben	6
2.4	Resource Description Framework (RDF).....	7
2.5	Ontologier.....	8
2.6	Relationsdatabaser	9
2.7	Geografiska informationssystem	9
2.8	TripleGeo.....	9
3	Metod	11
3.1	Strategi.....	11
3.2	Datainsamling.....	11
3.2.1	Dokumentstudie	11
3.2.2	Empiriska tester.....	11
3.3	Dataanalys	12
3.4	Metodkritik.....	12
3.4.1	Strategi	12
3.4.2	Datainsamling och analys.....	12
3.5	Forskningsetik	13
4	Empiri.....	14
4.1	Transformerering av data från NVDB till RDF.....	14
4.2	Beskrivning av datastrukturen i utvalda klasser från NVDB	14
4.3	Utformandet av en ontologi.....	16
4.4	Anpassning av TripleGeo till den skapade ontologin.....	23
5	Resultat.....	27
5.1	Validering av skapad ontologi.....	27
5.2	Validering av genererad RDF-data.....	31
5.3	Framarbetad arbetsmodell	42
6	Analys.....	43
6.1	Ontologi.....	43
6.2	Transformerad data.....	43
7	Diskussion och slutsats.....	45
7.1	Uppfyllande av syfte och mål.....	45
7.2	Tolkning av resultat och egna slutsatser.....	45
7.3	Begränsningar och generalisering	45
7.4	Vårt arbetssätt	46
7.5	Samarbetspartnerns syn på arbetet	46
7.6	Rekommendationer för vidare arbete	46
8	Referenser.....	47
	Bilagor.....	49

Figur 1. Triplet. En triplet där predikatet symboliserar relationen mellan subjekt och predikat 7

Figur 2 RDF-Graf. Exempel på länkade triplets baserat på pseudokoden ovan. 8

Figur 3 Arbetsmodell för att transformera geospatiala data från en relationsdatabas till RDF. Det egna, för studien utförda arbetet är markerat i orange.	14
Figur 4 Klassrelationer i OGC:s ontologi	16
Figur 5 Beskrivning av relationer mellan de använda klasserna.....	17
Figur 6 TripleGeo-modell. Egen modell baserad på GeoKnow (2015).	24
Figur 7 Graf över genererad RDF-data	36
Figur 8 Graf med manuellt anpassade triplets.....	41
Tabell 1 Sökord och antal träffar på de, utifrån preliminära litteraturstudien, relevanta begrepp. .	6
Tabell 2 Beskrivning av innehåll i klassen Referenslink	15
Tabell 3 Beskrivning av innehåll i klassen ReferensNode.....	15
Tabell 4 Beskrivning av innehåll i klassen Referenslinkpart.....	15
Tabell 5 Ontologins genererade triplets	27
Tabell 6 Genererade triplets av transformerad data från utvalda klasser	31
Tabell 7 Manuellt anpassade triplets	37

1 Inledning

I detta kapitel beskrivs bakgrunden till studien samt vad syfte och mål med studien är. Vidare beskrivs också vilka avgränsningar som gjorts samt en presentation av samarbetspartnern för studien.

1.1 Bakgrund

Inför en bilresa mellan Stockholm och Göteborg vill familjen Svensson lägga upp en färdplan där man har möjlighet att se så många sevärdheter som möjligt samt att kunna stanna för att äta mat på något ställe som serverar välgjord husmanskost. Då familjen inte på förhand vet var sevärdheter finns så gör familjen en sökning på internet för att få den informationen. Familjen använder sedan den informationen till att lägga upp en rutt i sin GPS-baserade programvara. Utifrån den valda vägen börjar nu familjen att söka restauranger som finns tillgängliga och även att söka på hur många omdömen som finns om dessa restauranger och hur nöjda kunderna varit. Efter mycket sökande har familjen en färdig rutt med information om sevärdheter, mat och vägval som passar för deras önskemål.

Med dagens Geografiska Informationssystem (GIS) är det idag möjligt att söka rutter utifrån vissa krav så som behov av vägval för en viss typ av fordon och sedan koppla till olika typer av ruttoptimering. Ett GIS-system är ett informationssystem som hanterar geografisk information (Wikipedia, 2015a). Vissa andra typer av tillägg av information finns ibland också tillgängliga i dessa system i form av exempelvis var restauranger eller bensinmackar finns. Detta bygger dock på att aktörerna samarbetar och ofta innebär det en kostnad för den restaurang eller bensinmack som vill finnas med i ett GIS-system vilket gör att det som visas för användaren är väldigt selektivt.

Ett alternativt tillvägagångssätt till det inledande scenariot där man kombinerar GIS-data med annan tillgänglig information skulle kunna vara att utnyttja den semantiska webben. Genom att organisera information på ett sätt där datorn kan tolka och sätta resultatet i ett sammanhang utifrån en webbsökning, skulle man få ett samlat resultat med relevant information. En sådan sökning kan möjliggöras med den semantiska webben.

Tanken om den semantiska webben fördes fram i slutet av 1990 av Tim Berners-Lee som är mest känd som skaparen av World Wide Web. Hans vision är en semantisk web som skulle kunna hjälpa användarna med att hitta exakt information baserad på många källor utifrån en enda webbsökning (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001). Tanken med den semantiska webben innebär att data lagras på ett sätt som gör det möjligt för datorer att söka i semantiskt uppbyggda databaser och oberoende av språk kunna tolka saker och själva sätta saker i ett sammanhang. För att göra möjliggöra att data är tillgängligt på den semantiska webben används Resource Description Framework (RDF) som modell för att definiera relationen mellan data. I RDF beskrivs data med hjälp av subjekt, predikat och objekt (W3C, 2015i) och stöps då i en logik som kan tolkas av datorer. För att RDF som skapas ska vara länkade på rätt sätt så att de kan läsas av datorer krävs en ontologi för att beskriva relationer och attribut på resurser (W3C, 2015a). Själva ordet ontologi betyder "läran om det varande" (NE.se, 2015). En ontologi är i det här sammanhanget en formell beskrivning av de semantiska detaljerna, kategorier och relationer mellan data (IGI Global, 2015).

Ett vanligt sätt att lagra data idag är i relationsdatabaser som bygger på att data lagras i tabeller som relaterar till varandra beroende på vilka restriktioner som ges till dessa (Lumano, 2008). Att söka i en relationsdatabas eller en annan traditionell databas innebär att man får ett sökresultat som måste tolkas av en människa för att sätta resultatet i ett sammanhang.

Problemet idag är att all data som är lagrad i relationsdatabaser oftast inte är tillgänglig för den semantiska webben och måste därför på något sätt göras tillgänglig.

Ett exempel på detta är den nationella vägdata-basen (NVDB). NVDB administreras av Trafikverket i samverkan med Lantmäteriet, Sveriges kommuner och landsting, Skogsnäringen och Transportstyrelsen (Trafikverket, 2015). I denna databas finns geokodad information om Sveriges alla vägar, både statliga, kommunala och enskilda. Denna typ av geospatiala data används ofta inom Geografiska Informationssystem (GIS) men är då begränsad till den enskilda källan vilket gör att integrationer med andra databaser är tidsödande och komplext (GeoKnow, 2015).

Den preliminära litteratursökningen visar dock att forskning inom geospatiala data och den semantiska webben är begränsad och fragmentarisk. Det vi har kunnat se är att forskningen på området har visat att transformering av den här typen av data är möjlig och har genomförts i mindre skala på vissa specifika databaser. Ett exempel på detta är det EU-finansierade projektet GeoKnow som syftar till att öppna upp geospatiala data från heterogena informationssystem och skapa verktyg och metoder för detta (GeoKnow, 2015). Inom detta projekt har forskning genomförts och där Kostas, Michalis, Giorgos, & Spiros (2014) är den forskning som är mest relevant när det gäller att omvandla geospatiala data till RDF. Även Lehmann (2015) samt Kostis, Ioannis, Dimitrianos, Stefan, & Manolis (2014) beskriver liknande forskning inom området. Kostis et al. (2014) beskriver också att forskning finns kring hantering av geospatiala data men ingen som tillhandahåller storskaliga lösningar. Ytterligare en studie av Auer, Lehmann, & Hellmann (2009) beskriver hur man omvandlat geospatiala data från OpenStreetMap (OSM), som bygger på användarnas bidrag i form av data och kunskap (OpenStreetMap, 2015), till RDF med hjälp av verktyget TripleGeo. TripleGeo är det verktyg vi utifrån preliminära litteraturstudier bedömt som mest relevant för vår studie och som använts för att transformera geospatiala data från NVDB till RDF.

1.2 Problemformulering

Genom att använda semantisk webbt teknologi i en relationsdatabas öppnas möjligheter att söka och kombinera relevant information från flera olika datakällor. Tidigare forskning har påvisat möjligheterna till detta och test har gjorts på OSM där ontologier utvecklats just för den strukturen och använts tillsammans med programvaran TripleGeo. Genom att använda relationsdatabasen NVDB i detta sammanhang och utveckla en ontologi som passar den skulle det exempelvis ge möjligheter för användare att få tillgång dess geospatiala data kombinerade med relaterade data från andra källor så som Wikipedia eller andra typer av källor som använder semantisk webbt teknologi. Genom att analysera hur data transformeras från en relationsdatabas med geospatiala data till den semantiska webben vill vi visa hur man genomför detta med bibehållen mening och relation mellan data.

1.3 Syfte

Syftet är att analysera hur man överför geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben.

Med detta som bakgrund har en forskningsfråga formulerats.

- Hur överför man geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben med bibehållen mening och relation mellan data?

1.4 Mål

Målet med denna rapport är att presentera en modell för hur man överför en geospatial databas så som NVDB till en RDF-lagring. Målet är också att beskriva hur man skapar en ontologi som passar för att beskriva NVDB's data och datastruktur så att mening och relationer mellan data bibehålls.

1.5 Samarbetspartner

Samarbetspartner för denna studie är företaget It-företaget Triona. Företaget har cirka 140 medarbetare i Sverige och Norge och arbetar med att leverera IT-lösningar inom logistik och transportrelaterade verksamheter (Triona, 2015).

1.6 Avgränsning

Relationsdatabaser är ett väldigt stort begrepp som används inom många olika områden. Att kombinera detta med semantisk webbt Teknologi innebär därför att vissa avgränsningar måste göras för att uppnå syftet och för att hålla en given tidsram. Den här studien har därför avgränsats till att endast titta på semantisk webbt Teknologi i användande av relationsdatabasen NVDB. Då NVDB innehåller information om hela Sveriges vägar har vi valt att begränsa oss till ett område kring Borlänge för att få en hanterbar mängd data att bearbeta.

Vi har i vår litteraturstudie sett att en viss forskning pågår kring det här ämnet och olika lösningar har kommit olika långt. Vi har valt att begränsa oss till verktyget TripleGeo när det gäller lösningar för den här typen av transformation av data då vi utifrån litteraturstudien bedömt den som mest relevant för den här studien. Valet av användandet av TripleGeo för studien bygger på det vi har kunnat se i litteraturstudien. Detta är att TripleGeo är det enda verktyg vi har kunnat hitta som hanterar spatiala data.

2 Teoretisk referensram

I detta kapitel beskrivs den genomförda litteraturstudien som ligger till grund för den teoretiska referensramen. Kapitlet beskriver begrepp och företeelser som är av relevans för att nå syftet med studien.

2.1 Litteraturstudie

För att se vilken litteratur som finns tillgänglig inom ämnet inleddes studien med litteratursökningar inom de olika begrepp som var aktuella. En litteraturstudie syftar till att få kunskap och skapa en förståelse kring ett område (Oates, 2006). I detta fall för att få kunskap om vilken forskning som finns kring den semantiska webben och att transformera data från relationsdatabaser med geospatiala data till den semantiska webben.

För att erhålla det aktuella kunskapsläget genomfördes sökningar i framförallt Google Scholar kring begreppen Semantic web och geospatial data. I denna litteratur dök ett antal begrepp upp frekvent. De begrepp som dök upp var R2RML och TripleGeo upp. R2RML beskriver hur mappning mellan Relationsdatabaser och RDF kan se ut (W3C, 2015h). Utifrån den första sökningen som gav oss en bild av vilka begrepp som var relevanta för syftet med arbetet utfördes nu en mer koncentrerad sökning. De sökord som då användes var framförallt R2RML, Geospatial, Semantic, Web och TripleGeo. Dessa sökningar genomfördes i Google Scholar, SUMMON och även i Google.se för att hitta definitioner och förklaringar till relevanta begrepp. Genom denna sökning kom ett antal rapporter och artiklar som vi bedömde vara relevanta för vår studie att ligga till grund för den litteraturstudie som genomförts. För att skapa förståelse kring relevanta begrepp för studien har W3C (2013) samt Berners-Lee, Hendler, & Lassila (2001) varit den litteratur som varit av stor betydelse. Tim Berners-Lee's ideer är det som mycket annan litteratur kring semantiska webben refererar till då han anses vara grundaren bakom begreppet.

Genom att använda de sökord som vi utifrån den preliminära litteraturstudien sett som relevanta för studien och som visas i tabell 1, kunde vi dra slutsatsen att forskning kring användning av geospatiala data i den semantiska webben är ett område där forskningen än så länge är begränsad. Sökningen byggde på att använda de valda begreppen och sedan kombinera dessa för att hitta den forskning som har mest relevans för vår studie (se tabell 1).

Genomgången visade att många rapporter hade fokus på medicin och experiment. Läkemedelsindustrin har forskat inom området för semantisk webb på grund av problematiken med att resultat från experiment lagras på olika ställen och en samanalys av dessa är dyr och svår genomförd. Den forskning som genomförts med spatiala data var mer begränsad. De publicerade artiklarna visar att publiceringstakten har ökat. Med de kombinerade sökorden R2RML, Geospatial och Semantic web så publicerades de första två artiklarna 2010. Året efter var antalet uppe i elva. 2012 när EU-projektet GeoKnow startade så ökade antalet till 21 och 30 samt 47 de följande åren.

Tabell 1 Sökord och antal träffar på de, utifrån preliminära litteraturstudien, relevanta begrepp.

Databas	Sökord	År 2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Google Scholar	R2RML	1	6	60	87	137	173	26
Summon	R2RML	-	-	-	2	11	12	3
Google Scholar	R2RML+Geospatial+Seman tic+web	-	2	11	21	30	47	4
Summon	R2RML+Geospatial+Seman tic+web	-	-	-	-	1	1	1
Google Scholar	TripleGeo	-	-	-	-	-	11	1
Summon	TripleGeo	-	-	-	-	-	1	-
Google Scholar	R2RML+Geospatial+Seman tic+web+ TripleGeo	-	-	-	-	-	3	-
Summon	R2RML+Geospatial+Seman tic+web+ TripleGeo	-	-	-	-	-	-	-

2.2 Slutsats av litteraturstudien

Genom att titta på den forskning som genomförts med att överföra geospatiala data i en relationsdatabas till RDF har vi kunnat se att forskningen är begränsad inom området. Den forskning som utförts av Kostas et al. (2014) som vi genom litteraturstudien ansett har mest relevans för vårt arbete använder sig av verktyget TripleGeo för att utföra transformering av spatiala data (se bilaga 1 för exempel på andra beskrivningar av transformering av data). Utifrån det vi har kunnat få fram i vår litteraturstudie är detta det enda verktyg vi har hittat för att transformera spatiala data från en relationsdatabas till RDF. Grundat på detta är det den programvara som kommer att användas för studien.

De delar som identifierats som nödvändiga för att genomföra transformation av geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben i denna studie är skapande av ontologi, konfigurerings av TripleGeo samt att kunna verifiera korrektheten i skapad RDF.

2.3 Semantiska webben

Den semantiska webben är en webb av data som använder gemensamma format för integration och kombinationer av data från olika källor (W3C, 2015c).

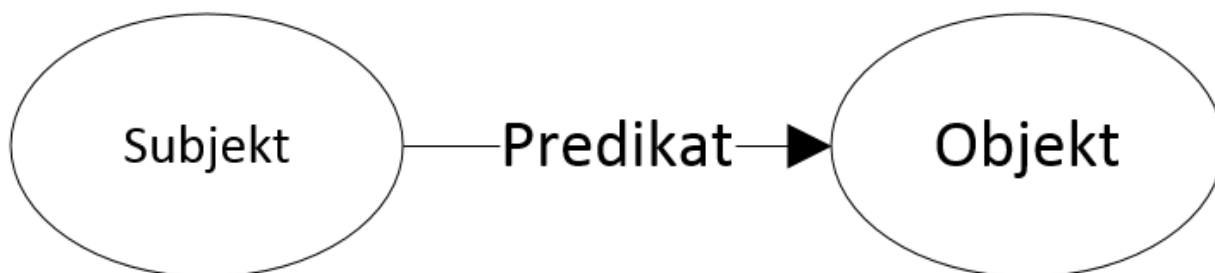
Ordet semantik kommer från grekiskans ord för tecken (sema) och innebär tolkning den språkliga betydelsen eller teckensystems innebörd och tolkning (Wikipedia, 2015d). För semantiska webben betyder ordet semantisk att meningen av data kan identifieras av både människor och datorer. Tanken med detta är att både datorers programvara och människor ska kunna hitta, läsa, förstå och använda data över hela internet för att uppnå meningsfulla mål för användaren (Passin, 2004).

Den semantiska webben är inte en separat webb utan ett sätt att strukturera och ge meningsfullhet åt innehållet i webbsidor för att underlätta för människor och datorer att samarbeta (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001).

För att tanken om den semantiska webben ska vara möjlig så krävs inte bara att data finns tillgängligt utan också att det struktureras och att relationerna mellan data tydliggörs (W3C, 2015c). För att åstadkomma och skapa länkad data behöver gemensamma format som RDF användas för att antingen konvertera relationsdatabaser till eller att lagra data i. (W3C, 2015c).

2.4 Resource Description Framework (RDF)

Resource Description Framework är ett ramverk som beskriver metadata om resurser. En resurs kan vara nästan vad som helst så som ett dokument, en fysisk person eller ett abstrakt koncept. Problemet med dessa resurser är att de är designade för att läsas av människor. En maskin får bara informationen om var resursen ska hämtas via ett http-anrop och hur den ska presenteras med hjälp utav html. Lösningen på detta problem kan vara RDF där dessa data länkas samman och kan läsas maskinellt av program det inte ursprungligen var skapat för. Det hjälper också till att länka ihop data från andra källor för att skapa en ny mening detta med hjälp av RDF-datamodellen Triplets (W3C, 2015c). En triplet är den grundläggande datastrukturen i semantisk webb. En triplet är uppbyggd av subjekt predikat och objekt (se figur 1). Där subjektet är den resurs som beskrivs och predikatet är relationen till objektet det vill säga ännu en resurs. Subjektet måste alltid vara en klass medan objektet kan vara en annan klass eller ett datavärde (Literal). Genom att strukturera RDF-data enligt modellen för triplets skapas relationer och länningar mellan data. Triplets länkar resurser med hjälp av subjekt predikat och objekt.



Figur 1. Triplet. En triplet där predikatet symboliserar relationen mellan subjekt och predikat

För att identifiera specifika resurser så som dokument, personer eller fysiska objekt i triplets används en International Resource Identifier (IRI).

IRI är en identifierare för resursen men den kan även identifiera abstrakta koncept. En IRI kan användas för att identifiera alla tre delar i en Triplet (W3C, 2015c).

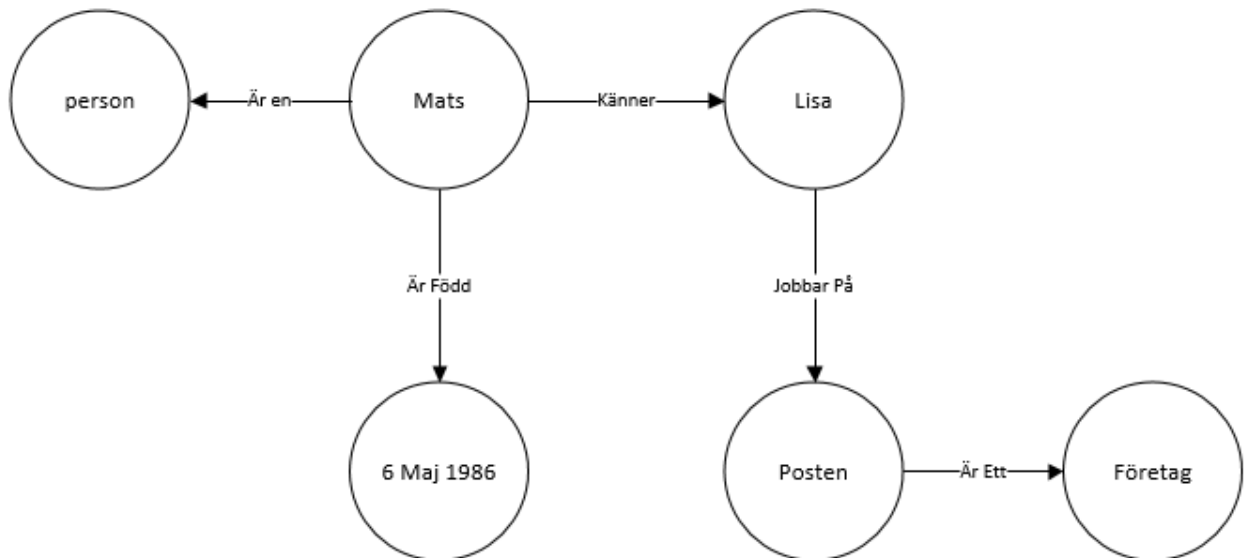
Literal

En literal är en representation av ett värde. Detta kan vara en textsträng, en siffra eller ett datum. Den har en datatyp så den kan tolkas på korrekt sätt. Literals kan även ha en språktag som identifierar språket som textsträngen är skriven på. En literal kan aldrig vara en IRI och kan bara vara ett objekt i en triplet (W3C, 2015c).

Figur 2 är en visualisering av den RDF-Graf som pseudokoden med objekt, predikat och subjekt skulle bilda.

Pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Mats>	<är en>	<Person>
<Mats>	<är en vän till>	<Lisa>
<Mats>	<är född>	<6 Maj 1986>
<Lisa>	<Jobbar på>	<Posten>
<Posten>	<Är ett>	<Företag>



Figur 2 RDF-Graf. Exempel på länkade triplets baserat på pseudokoden ovan.

Grafen innehåller fem triplets som är länkade. Och även om koden aldrig nämner relationer mellan företag och Mats så är de nu länkade och därmed sökbara. Nu kan man söka på vilka företag som har anställda som känner någon född 1986 göras. Detta utan att den relationen är beskriven i kod. Detta är själva grundprincipen med semantisk web genom att lagra objekt i triplets och beskriva dess relationer så kan data sammanlänkas och göras sökbar utan att manuellt sammankoppla den.

URI (Uniform Resource Identifier) är en IRI fast med en web-adress till resursen. En URI är en kort teckensträng som identifierar en resurs på webben. Detta kan vara dokument, bilder, nedladdningsbara filer eller andra resurser (W3C, 2015f). En URI ger resursen möjlighet att bli identifierad över ett nätverk och den ger även information om var resursen finns (Wikipedia, 2015b).

2.5 Ontologier

För att triplarna som RDF bygger upp ska vara länkade så krävs en ontologi för beskriva relationer och attribut på resurser (W3C, 2015). En ontologi är ett sätt att beskriva tings egenskaper (Wikipedia, 2015e). Web Ontology Language (OWL) är uppbyggt så att innebörden av resursernas värden och relationer även ska kunna förstås av maskiner och är därför en betydande del för den semantiska webben. OWL är inget programmeringsspråk utan bara ett sätt att på ett logisk sätt beskriva resurser och dess attribut och relationer (W3C, 2015).

Det finns ingen fullständigt standardiserad ontologi men RDFS (Resource description framework schema) och OWL är två ontologier som har semantiken för att kunna bygga och jämföra klasser. Men för att uttrycka ett mer komplext språk så finns flera specifika ontologier. FOAF

(Friend of a friend) är en ontologi som möjliggör beskrivningen av relationer mellan personer och vad de skapar. Det finns en mängd specialiserade ontologier som beskriver till exempel medicinska termer. När man skriver en ontologi så är praxis att använda sig av befintliga ontologier. Det är fullt möjligt att använda flera olika ontologier för att sedan ska egna uttryck där behovet finns. Till exempel så används FOAF med fördel till att beskriva personer och skapare av ett projekt, men om projektet innefattar ett område som ännu inte finns beskrivet i en ontologi så kan dessa beskrivningar då läggas till. En viktig detalj när man bygger ontologier är det faktum att inläsningen av dessas innebörd sker genom Open world assumption (Pollock, 2009). Detta skiljer sig från traditionell inläsning av klasser från till exempel en relationsdatabas. I en closed world assumption så är alla fakta som inte är bevisat sanna falska. I open world assumption så innebär det att alla fakta som inte är bevisade sanna kan vara sanna eller falska. På grund av detta finns det många sätt att uttrycka relation mellan klasser så som att sammankoppla dem, separera dem eller sammanföra dem i grupper.

För att söka på den semantiska webben används frågespråket Sparql. Sparql kan användas för att söka i olika datakällor oavsett om data är lagrat som RDF eller omvandlas till RDF via ett mellanlager (W3C, 2015e).

GeoSparql är en standard som stödjer frågor gällande geospaciala data i den semantiska webben. Det möjliggör topologiska utfrågningar som till exempel angränsar, befinner sig i och korsar (OGC, 2011).

2.6 Relationsdatabaser

En databas syftar till att lagra data så att data kan hämtas från den. Den enklaste formen av relationsdatabas bygger på att data lagras i tabeller med rader och kolumner. Data i en tabell kan relateras till data i en annan tabell genom att ange en relation i form av till exempel nycklar. Detta är det som ger begreppet relationsdatabaser (Oracle, 2015).

Ett exempel på en relationsdatabas är den nationella vägdatabasen (NVDB) som är ett resultat av ett regeringsuppdrag 1996. I NVDB så är all tillgänglig information rörande Sveriges vägar samlade. Databasen används av många olika användare, både offentliga och privata med olika krav. Databasen drivs av Trafikverket, Sveriges kommuner, Landsting skogsnäringen, Transportstyrelsen samt Lantmäteriet och innehåller uppgifter om Sveriges vägar (Trafikverket, 2015).

2.7 Geografiska informationssystem

Geografiska informationssystem eller GIS är ett sätt att hantera och analysera spatiala data. Informationen i ett GIS lagras dels som en karta med hjälp av koordinater och dels av mer traditionell data lagrad i tabeller. Med hjälp av detta kan analyser göras genom att kombinera olika kartor och presentera dessa i olika skikt. (Centrum för Geografiska Informationssystem vid Lunds universitet, 2015).

En shapefil (SHP) är ett filformat som kan användas med hjälp av ett GIS. Formatet skapades av företaget Esri som släppt formatet för användande av andra parter. Filen kan beskriva de geografiska egenskaperna med hjälp av vektor-grafik men även metadata i form av en tabell. (Wikipedia Shapefile, 2015c).

2.8 TripleGeo

TripleGeo är en open source-lösning för att omvandla geospaciala data ifrån till exempel relationsdatabaser till RDF (GeoKnow, 2015). Denna lösning har nyligen utvecklats i EU-projektet GeoKnow som syftar till att skapa ökade användningsområden för geospaciala data. Projektet startades 2012 och pågår till november 2015 (Lehmann et al. 2015). Genom att försöka ta fram nödvändiga redskap och metoder för att enkelt integrera olika källor med geospaciala

data vill man öppna upp webben för större sökningar. En anledning till detta är en dyr process att skapa eller uppdatera befintlig data i form av RDF (Lehmann et al. 2015).

Genom TripleGeo kan man läsa in data från en relationsdatabas eller en shapefil genom att ange sökvägen till shapefilen eller uppkopplingsdetaljerna till databasen i en konfigurationsfil. Alla inställningar i TripleGeo sker via en konfigurationsfil där inläst data sorteras till triplets baserat på inställningarna. TripleGeo är i sin tur uppbyggt av flera opensource-verktyg så som GeoTools (Läser in information från en shapefil) eller Jena som är ett API till Java anpassat för den semantiska webben.

3 Metod

I detta kapitel beskrivs vilka datainsamlingsmetoder och strategier som använts för studien samt hur data har analyserats och hur studien har genomförts.

3.1 Strategi

Oates (2006) beskriver sex olika forskningsstrategier som en studie kan utgå ifrån. Det är aktionsforskning, etnografi, experiment, design and creation, fallstudie och undersökning. Vår studie har genomförts som en fallstudie då syftet var att analysera på vilket sätt man kan överföra geospatiala data från en relationsdatabas till semantiska webben. En fallstudie enligt Oates (2006) är en empirisk studie som innebär att man fokuserar på en instans av det som ska utredas. I detta fall är den instansen NVDB och hur den kan användas med semantisk webbt teknologi.

Datinsamlingen har uteslutande bestått av dokumentstudier. Dessa har använts till att bygga kunskap för att skapa en modell för hur man transformerar spatiala relationsdata till RDF. Dokumentstudien har även gett kunskap till att skapa en anpassad ontologi till den typ av data som var aktuell för vårt fall. De data som har använts är generaliserbart för spatiala data genom att den innehåller både spatiala data och traditionell data i form av tabeller. Ontologin har sedan redovisats i sin helhet i bifogad fil. Utvärderingen av modell samt ontologi har skett med hjälp av RDF Validator (W3C, 2015d) som är en programvara som läser in RDF-data och validerar den. Med hjälp av denna programvara så kan man utvärdera om semantiken från relationsdatabasen är bibehållen i den nya lagringsformen. Även ontologin validerades på detta sätt.

Denna studie innehåller både praktiska och teoretiska delar inom ett område där forskningen är begränsad och fragmentarisk efter vad vi kommit fram till i litteraturstudien. Många saker som skrivits och beskrivits inom området är byggt på praktiska tester i olika projekt och ofta med open source-lösningar. Vi har även försökt titta på den senaste forskningen som pågår inom ämnet vilken inte alltid är granskad eftersom mycket utveckling sker för närvarande inom detta område. Detta är för att skapa oss en så bra bild över hur långt forskningen kommit som möjligt. Det är därför svårt för oss att validera all forskning utifrån traditionella mått i form av publicering och granskning. De tester som visat sig fungera inom dessa projekt och de teoretiska fakta som finns tillgängliga inom området bedöms därför av oss som relevanta för den här studien.

3.2 Datinsamling

I den här delen beskrivs vilka metoder som använts för att samla in data för att uppnå syftet med arbetet.

3.2.1 Dokumentstudie

Dokument kan enligt Oates (2006) användas som ett alternativ till intervjuer, observationer och frågeformulär. Det finns i huvudsak två typer av dokument. Det ena är dokument som existerar i företag och organisationer i form av manualer, rollbeskrivningar och redovisningar. Den andra typen är dokument som är skapat i ett visst syfte, till exempel forskning (Oates, 2006). De dokument vi tittat på är beskrivningar för hur NVDB är strukturerat samt de dokument som vi i litteraturstudien ansett vara de mest relevanta i form av teknisk dokumentation om TripleGeo, W3C:s dokumentation för att skapa ontologier samt OGC:s ontologi för att skapa en referensram för arbetet.

3.2.2 Empiriska tester

Genom att genomföra tester med den utvalda programvaran har data genererats i form av resultat och dokumentation som kan analyseras. De data som genererats är i form av RDF-filer. Dessa

filer kan sedan läsas manuellt som ett dokument för att analyseras och även användas i W3C's RDF Validator för att testa korrektheten i transformeringen. Enligt Oates (2006) är denna typ av forskningsgenererade data i form av analyser av modeller, testloggar, användarguider och egna personliga anteckningar sådant som kan betraktas som genererad data som kan studeras.

3.3 Dataanalys

Kvalitativ och kvantitativ dataanalys är två sätt att analysera data enligt Oates (2006). Vi använder oss av en kvalitativ dataanalys då studien bygger på dokumentstudier som behöver tolkas till skillnad från en kvantitativ dataanalys som bygger på analys av numeriska eller statistiska data. Kvalitativ dataanalys innebär enligt Oates (2006) att man försöker hitta samband och likheter i exempelvis intervjuer och dokumentstudier. Analysen genomfördes genom att det resultat vi fick fram vid omvandling av data från relationsdatabasen till RDF jämfördes med teori kring hur data borde vara strukturerat för att kunna användas i den semantiska webben. Genom att manuellt titta på hur en trippel byggts upp efter transformering kan vi med hjälp av strukturen i relationsdatabasen NVDB se så att de olika subjekt, predikat och objekten fått rätt betydelse i förhållande till varandra. Detta ska då motsvara de kolumner som finns i de ursprungliga tabellerna i relationsdatabasen. För att sedan validera att alla triplets är rätt uppbyggda för att kunna läsas och tolkas av en dator använder vi oss av W3C's tjänst RDF Validator som kan läsa in transformerad data i form av RDF och verifiera att data är läsbart samt visa en graf över strukturen i det transformerade filerna.

3.4 Metodkritik

Metodtriangulering innebär enligt Oates (2006) att man använder sig av två eller flera datainsamlingsmetoder för att säkerställa validiteten i det man undersöker. Genom att både använda oss av teorier kring ämnet i aktuell forskning samt att utveckla och testa detta anser vi att vi har för syftet en god grund för triangulering.

3.4.1 Strategi

Den valda strategin fallstudie valdes utifrån att syftet med studien var att analysera genomförandet av transformering av geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben. Utifrån detta kändes valet av en fallstudie mest naturligt. För att uppnå målen med studien behövdes också saker skapas i form av en ontologi och en arbetsmodell. Utifrån detta hade design and creation också kunnat vara en möjlig strategi.

3.4.2 Datainsamling och analys

Vi har via vår litteraturstudie förstått att tester har utförts med andra programvaror än TripleGeo som vi valde att använda oss av. På grund av studiens tidsbegränsning hade vi inte möjlighet att sätta oss in i och testa dessa alternativa program. Utifrån vår litteraturstudie bedömde vi att TripleGeo var den lösning som borde passa bäst för studiens syfte.

De data som har genererats i form av testresultat har sedan jämförts med både vad teorin beskriver hur data i RDF-format bör se ut samt hur väl det skapade RDF-datat stämmer överens med de ursprungliga tabellernas struktur.

Vi har genom våra metoder genererat kvalitativa data från de tester som utförts med den använda programvaran samt den ontologi vi skapat utifrån syftet med arbetet. De data som genererats är att betrakta som kvalitativa utifrån att den genereras av dokument och test av utvecklad ontologi. Att kvalitativ data måste tolkas är enligt Oates (2006) en sak som kan göra det svårt att kvalitetssäkra resultatet. För att analysera, tolka och validera de data som transformerats har W3C's tjänst RDF Validator (W3C, 2015d) använts som beskrivs i kapitel 5.1.

De val av metoder som hade kunnat öka validiteten hade kunnat vara att prova flera olika programvaror för omvandling av data. Vi ansåg dock med stöd av vår litteraturstudie och den begränsade tiden för arbetet att den valda programvaran var den som var mest relevant för detta

område. Intervjuer hade också kunnat vara en metod för att öka valideringen av resultatet. Då den mest relevanta forskningen inom området förekommer ute i Europa för tillfället samt att tillämpningen på NVDB inte gjorts av någon ansåg vi att intervjuer inte skulle tillföra kunskap av värde för den här studien.

3.5 Forskningsetik

Denna studie har genomförts enligt Högskolan Dalarnas Forskningsetiska anvisningar för examens- och uppsatsarbeten (Forskningsetiska nämnden, 2008). Genom att informera samarbetspartnern för studien om hur det insamlade materialet skulle bearbetas och användas för att uppnå syftet med studien anser vi att de etiska aspekterna är uppfyllda. Vi anser inte heller att vi på något sätt lämnar ut uppgifter eller annan information som är av känslig karaktär för samarbetspartnern.

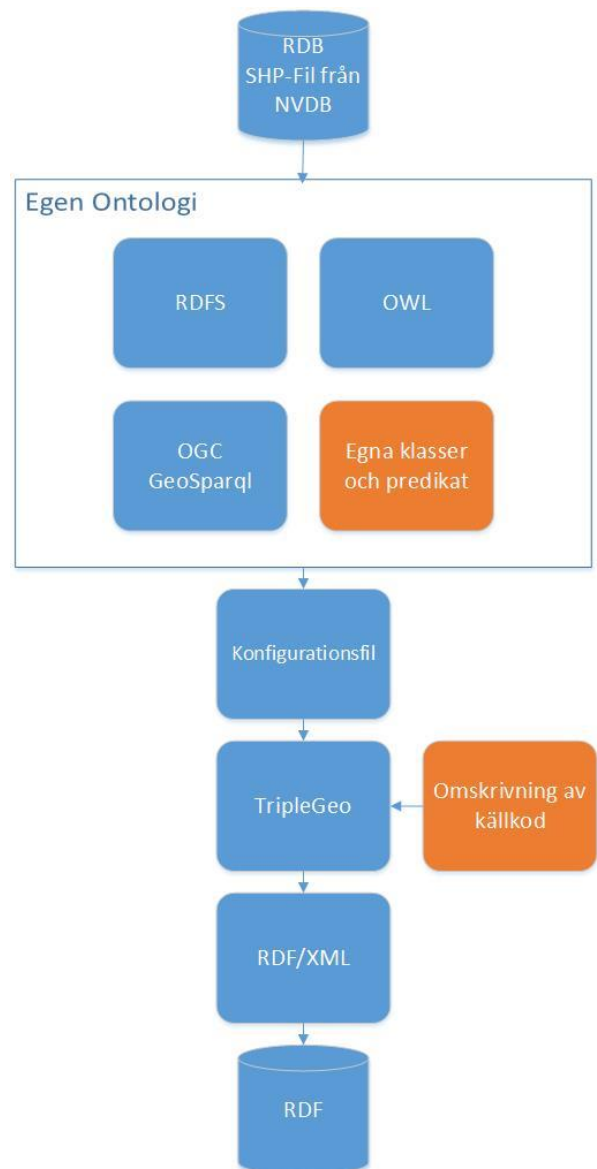
4 Empiri

I detta kapitel presenteras den empiriska delen av studien där tester med att transformera data genomfördes. Kapitlet beskriver hur data lagras och struktureras i NVDB, som använts som exempel i denna studie, samt vilka verktyg och på vilket sätt de använts i studien för att uppnå studiens syfte och mål.

4.1 Transformering av data från NVDB till RDF

Utifrån den teori som redovisats i kapitel 2 har tester utförts med att transformera geospaciala data från en relationsdatabas till semantiska webben. Detta har skett genom att geospaciala data från NVDB har transformerats till formatet RDF.

När en relationsdatabas ska transformeras till RDF så behövs det verktyg som översätter tabellerna i relationsdatabasen till triplets och definierar deras värden och relationer. Till detta behövs två huvudkomponenter, verktyg i form av programvara för att transformera spatiala data från relationsdatabas till RDF och ontologi (se 4.3). Programvaran som använts för detta projekt är TripleGeo (se 4.4) för transformering. Utifrån den teoretiska referensramen skapades en arbetsmodell för hur transformeringen skulle genomföras (se figur 3). Arbetsmodellen i figur 3 innehåller de steg som identifierats av oss som nödvändiga för att bibehålla mening och relationer i data efter transformering.



Figur 3 Arbetsmodell för att transformera geospaciala data från en relationsdatabas till RDF. Det egna, för studien utförda arbetet är markerat i orange.

4.2 Beskrivning av datastrukturen i utvalda klasser från NVDB

NVDB innehåller en stor mängd data och dessa data är uppbyggt av en mängd klasser. Att transformera all data och skriva en ontologi för samtliga klasser som finns representerade hade varit en omöjlighet sett till tidsbegränsningen detta arbete har. Tre klasser har valts ut som representerar en bra överblick över det data som finns tillgängligt. De tre klasserna har valts på grund av att de innefattar två sorters geografiska klasser nämligen point och line. Klasserna har också en relation som är intressant att redovisa efter utförd transformering. Referenslink är en klass som Referenslinkpart är bunden till varje Referenslink kan ha en eller flera

Referenslinkparts. En Referenslinkpart har i sin tur en koppling till ReferensNode. Där början och slutet av sträckan identifieras med hjälp av en ReferensNode. Dessa har i NVDB i sin tur flera klasser som är kopplade och länkade mellan de beskrivna klasserna men dessa ger ingen bättre validering av vårt resultat.

Med dessa klasser vill vi redovisa att de geografiska attributen har överförts till de transformerade data som genererats, samt att relationerna mellan dessa klasser finns representerad i de nämnda data.

För att ge en bild av klassernas struktur i relationsdatabasen så presenterar vi dem i tabell 2, tabell 3 samt tabell 4.

Referenslink

Tabell 2 Beskrivning av innehåll i klassen Referenslink

Namn	Typ	Beskrivning
OID	Varchar	Global unik identifierare
REFOBJ_TYPE	Integer	Typ av nätelement, de som finns idag är 1=Nod, 2=Referenslänk bilväg, 4=Referenslänk färja
NEXT_FREE_PORT_NUM	Integer	Nästa lediga portnummer enligt SS637004
LENGHT	Double	Den överenskomna längden för en referenslänk
FIXED_LENGHT	Integer	1=fixerad längd, 0=rörlig geometrisk längd

ReferensNode

Tabell 3 Beskrivning av innehåll i klassen ReferensNode

Namn	Datotyp	Beskrivning
OID	Varchar	Global unik identifierare
REFOBJ_TYP	Integer	Typ av nätelement, de som finns idag är 1=Nod, 2=Referenslänk bilväg, 4=Referenslänk färja
NEXT_FREE_PORT_NUM	Integer	Nästa lediga portnummer enligt SS637004
FROM_DATE	Integer	Det datum från vilket noden är giltig
TO_DATE	Integer	Det datum från vilket noden ej längre är giltig

Referenslinkpart

Tabell 4 Beskrivning av innehåll i klassen Referenslinkpart

Namn	Typ	Beskrivning
OID	Varchar	Global unik identifierare
REF_LINK_OID	Varchar	OID för referenslänken som delen avser
FROM_DATE	Varchar	Det datum från vilket delen är giltig
TO_DATE	Varchar	Det datum från vilket delen ej längre är giltig

FROM_MEASURE	Double	Längd relativt det linjära referenssystemet för referenslänken till startpunkten för delen
TO_MEASURE	Double	Längd relativt det linjära referenssystemet för referenslänken till slutpunkten för delen
FROM_REF_NODE_OID	Varchar	Från- el. startnod för delen. Kan för närvarande vara null
TO_REF_NODE_OID	Varchar	Från- el. slutnod för delen. Kan för närvarande vara null
LENGHT	double	Den överenskomna längden i meter (kan vara geometrisk längd) för referenslänkdelen

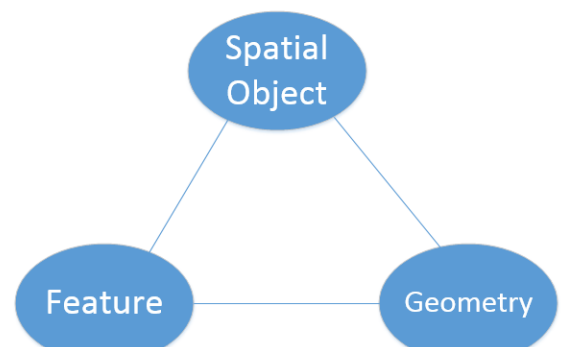
4.3 Utformandet av en ontologi

För att de data som transformeras från relationsdatabas till RDF ska ha samma värde och relation så krävs en förklaring av relationsdatabasens tabeller. Detta görs med hjälp av en ontologi. Programvaran som använts för att skapa ontologin anpassad för våra exempeldata från NVDB är Protégé (Stanford Center for Biomedical Informatics Research, 2015). Valet baserades på att det är open source samt har ett lätt-förståeligt gränssnitt. Med hjälp av Protégé går det att skapa en ontologi baserad på den informationen klasser och relationer en RDB tillför.

En spatialdatabas innehåller geografiska data. I fallet NVDB så är spatiala data kombinerade med metadata om det spatiala objektet. För att skapa triplets av spatiala data så har OGC utvecklat en ontologi som innehar spatiala klasser. Dessa klasser kan även användas med GeoSparql så att man kan ställa samma sorts spatiala frågeställningar som i ett GIS-system (OGC, 2011). Dessa frågeställningar kan till exempel vara att leta efter data inom ett geografiskt område eller hitta avståndet mellan olika objekt genom att använda sig av objektens rumsliga data, det vill säga koordinaterna. Om man använder sig av TripleGeo och anger OGC:s ontologi så skapas det triplets med det korrekta spatiala värdena. Men eftersom NVDB's klasser och dess relationer inte finns definierade i en befintlig ontologi så måste en sådan skapas.

De objekt som använts under detta projekt kan placeras in i klassen Feature. En Feature är en subklass till klassen Spatial Object det vill säga ett objekt med spatiala värden (OGC, 2011). En Feature kan även inneha predikatet hasGeometry då den ärver klassen av Geometry. Med det menas att det har någon av de angivna spatiala geometrierna så som Point, Line, Polygon eller Multi-Line (OGC, 2011). Med dessa så anges vissa specifikationer hur de representeras på en karta. En point har till exempel bara en koordinat medan en multiline har flera. En feature har även andra metadata och kan vara till exempel ett monument eller en bro. Golden gate-bron skulle kunna vara ett exempel på en subklass till feature. Det är ett objekt som har en geografisk utsträckning med koordinater men har även tillhörande metadata så som byggnadsår, höjd eller arkitekt.

Figur 4 visar relationen mellan klasserna som OGC har skapat för spatiala objekt.



Figur 4 Klassrelationer i OGC:s ontologi

Alla tabeller vi använde oss av i denna rapport har blivit en egen klass. Denna klass är i samtliga fall en subclass till Feature. Genom att skapa egna klasser grundat på NVDB och dess olika klasser skapas i ontologin en struktur som anger hur de olika objekten i NVDB förhåller sig till varandra.

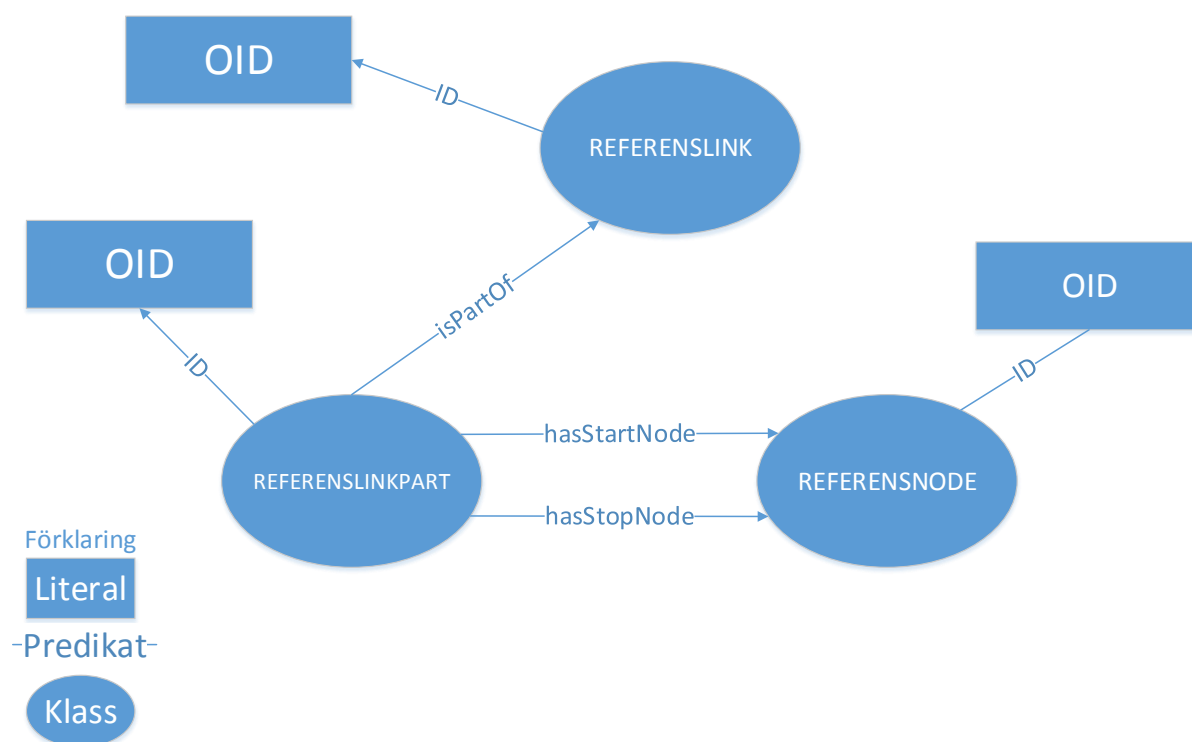
Vissa klasser har också ett predikat kopplat till andra klasser och vissa klasser delar literals. Om ontologin stämmer så kommer dessa länkar visas vid en utvärdering i RDF-Validator (W3C, 2015d).

Klasserna som ska beskrivas i ontologin är Referenslink, Referenslinkpart och ReferensNode. Klasserna valdes på grund av att de har en relation till varandra. På detta sätt kan både literals det vill säga data-property (literals) och object-property (klassrelationer) kunna redovisas i ontologin.

Figur 5 visar relationerna mellan klasserna. Figuren är förenklad då alla data-property inte finns representerade utan bara OID, men alla object-property finns representerade.

Ontologin skapades i programvaran Protégé (Stanford Center for Biomedical Informatics Research, 2015) där man med ett användargränssnitt kan skapa en ontologi för att sedan kunna spara den i olika format. Vi använder oss av formatet RDF/XML för att kunna validera i RDF Validator.

Figur 5 visar hur relationerna mellan klasserna kommer se ut. Varje literal eller klass som är sammankopplad med hjälp av ett predikat skapar en triplet.



Figur 5 Beskrivning av relationer mellan de använda klasserna

När ontologin ska publiceras på en webserver så är det viktigt att ange att den ska läsas som en XML. XML är ett textbaserat språk där man definierar data med hjälp av taggar (W3C, 2015). Den första ontologin vi publicerade blev inte läsbar av TripleGeo på grund av att den enbart var publicerad som en textfil. Ontologin har publicerats på en webserver och namnet på ontologin blir dess URL och URI. I vårt fall så kommer ontologin heta <http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl>. Våra klasser samt klass-definitioner innehar samma länk följt av en # och klassensnamn. Klassen Referenslinkpart får därmed URL:n `http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart` vilket gör

länken sökbar och därmed läsbar för en maskin vid utfrågning med hjälp av Sparql eller GeoSparql.

Genomgång av ontologins kod

Koden som inleder en ontologi anger de ontologier som importerats. I vårt fall är importerna (owl:imports i koden nedan) från www.opengis.net avgörande då det är deras geografiska klasser vi använder oss av. De andra som RDFs och owl är där för att kunna skapa ontologin och beskriva dess klasser. Ontologin är uppbyggd på samma sätt som annan RDF-baserade data, nämligen i triplets. Ontologin görs också läsbar genom XML.

Ontologin skapas i ett xml-dokument och dess dokumenthuvud ser ut som i koden nedan. Där alla taggar använda i dokumentet definieras.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#"
  xml:base="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:ReferensObjectOntology="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#">
```

I koden nedan definieras de data som beskrivs som en ontologi. Vår URL definieras där som en ontologi med hjälp av owl:Ontology. Detta är det som skapat den första genererade triplet i tabellen presenterad i resultatkapitlet.

```
<owl:Ontology rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl">
```

Eftersom vi bygger vår ontologi på befintliga ontologier importerar dessa och på grund av detta kan vi använda oss av dessa ontologiers redan definierade klasser. Utan denna import skulle vi vara tvungna att skapa egna spatiala klasser, men eftersom vi importerar ontologierna från [opengis.net](http://www.opengis.net) så behövs inte detta.

```
  <owl:imports rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/gml"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-
ns#"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/2004/02/skos/core"/>
</owl:Ontology>
```

Klasser som skapats i ontologin

För att få en överblick över hur ontologin är uppbyggd i kod så kommer vi gå genom samtliga klasser med dess data-property och object-property. Viktiga delar av koden kommer också att förklaras. Ontologins XML-dokument finns i sin helhet i bilagorna.

Referenslink

Klassdefinitionen av Referenslink definieras av owl:class och rdf:about. Klassen har även en fördefinierad label med klassens namn detta anges med rdfs:label. Eftersom klassen Referenslink är en spatial klass som har ett geografiskt värde så anges den som subclass till Feature i OGC:s ontologi. Detta definieras med hjälp av rdfs:subclass och en hämtning av klassen genom rdf:resource. De två första raderna i koden nedan definierar vår egenskapade klass Referenslink som en klass. Att det är en klass skapad av oss ser man på URL:n. Tittar man till exempel på de

sista två raderna i koden så ser man att vi använder oss av en annan ontologisk klass nämligen Feature och detta blir extra tydligt om man jämför URL mellan den första delen av koden med den sista. Klassen Feature hämtas från <http://www.opengis.net/ont/geosparql> medan definitionen av vår klass Referenslink hämtar information från <http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl>.

```
<owl:Class rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink">
  <rdfs:label>Referenslink</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature"/>
</owl:Class>
```

Både Referenslinkpart och ReferensNode är uppbyggda på samma sätt som Referenslink. De hämtar även de in samma externa klass och definierar den som en subclass via rdfs:subClassOf.

Referenslinkpart

```
<owl:Class rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart">
  <rdfs:label>Referenslinkpart</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature"/>
</owl:Class>
```

ReferensNode

```
<owl:Class rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode">
  <rdfs:label>RefNode</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature"/>
</owl:Class>
```

Object-properties

Object-property definierar en relation med en annan klass. Namnet blir predikatet i trippeln. Object-property används alltså när subjektet i en trippel är en klass och inte en literal det vill säga ett attribut i form av ett datavärde.

FromRefNode

Det första i koden definierar följande kod som en Object property genom owl:ObjectProperty. Rdf:about definierar dess URI. Rdfs:range anger subjektet i trippeln och rdfs:domain anger vilka objekt i trippeln som innehar denna klassrelation. I detta fall så är ReferensNode subjektet och objektet är Referenslinkpart. Koden beskriver att klassen Referenslinkpart har predikatet FromRefNode som relaterar till klassen ReferensNode. FromRefNode är alltså ett object-property på grund av att subjektet är en klass och inte en literal. Range definierar vilka subjekt object-property innehar. De klasser vi har definierat har bara en klass i range men det skulle vara möjligt att ange flera. Domain anger objektet och även här går det att ange flera möjliga klasser som kan inneha denna specifika relation till den eller de angivna klasserna i range.

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<FromRefNode>	<ReferensNode>

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode">
  <rdfs:range rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
</owl:ObjectProperty>
```

ToRefNode

Är i princip identisk med FromRefNode men har ett annat predikat eftersom det syftar på den avslutande punkten på linjen.

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<ToRefNode>	<ReferensNode>

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode">
  <rdfs:range rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
</owl:ObjectProperty>
```

PartOfReferenslink

Detta är detta Object property som knyter klassen Referenslinkpart till en specifik Referenslink. Detta anges i koden med hjälp av rdfs:range där subjektet Referenslink anges och rdfs:domain där objektet Referenslinkpart anges.

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<PartOfReferenslink>	<Referenslink>

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfReferenslink">
  <rdfs:range rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Data properties

Dataproperty är där klassernas attribut (literals) definieras. Koden är uppbyggd på samma sätt som i object-property. Skillnaden är att subjektet alltid är en literal det vill säga ett attribut. Denna en literals datatyp definieras med hjälp av range. Så på samma sätt som i object-property så definieras de berörda klasserna (objekten) med hjälp av domain och namnet på data-property blir predikatet och subjektet definieras av range som anger en datatyp.

Fixed length

Propertytypen definieras med owl:datatypeproperty och dess URI med rdf:about. Vilka klasser som innehar detta attribut definieras i rdfs:domain och i detta fall är det klassen Referenslink som har Fixed length som attribut. I data property så definierar rdfs:range vilken datatyp som attributet har, i detta fall så är datatypen integer.

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<FixedLenght>	<Integer>

```

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

FromDate

FromDate och ToDate definieras på exakt samma sätt som de tidigare beskrivna attributen. Dock så anges två klasser som rdfs:domain nämligen ReferensNode och Referenslinkpart.

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<FromDate>	<Integer>
<ReferensNode>	<FromDate>	<Integer>

```

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

ToDate

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<ToDate>	<Integer>
<ReferensNode>	<ToDate>	<Integer>

```

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

Resterande Dataproperty är skriven med samma koduppbyggnad så dessa klasser kommer bara beskrivas med pseudokod för att få en överblick över vad koden gör.

FromMeasure

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<FromMeasure>	<double>

```

<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure">

```

```

    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd;double"/>
  </owl:DatatypeProperty>

```

ToMeasure

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<ToMeasure>	<double>

```

  <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd;double"/>
  </owl:DatatypeProperty>

```

Length

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<Length>	<double>
<Referenslink>	<Length>	<double>

```

  <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Length">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd;double"/>
  </owl:DatatypeProperty>

```

NextFreePortNumber

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslink>	<NextFreePortNumber>	<Integer>
<ReferensNode>	<NextFreePortNumber>	<Integer>

```

  <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  </owl:DatatypeProperty>

```

OID

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslinkpart>	<OID>	<string>
<ReferensNode>	<OID>	<string>
<Referenslink>	<OID>	<string>

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID">  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>  
</owl:DatatypeProperty>
```

REFOBJECTTYPE

I pseudokod:

Objekt	Predikat	Subjekt
<Referenslink>	<REFOBJECTTYPE>	<Integer>
<ReferensNode>	<REFOBJECTTYPE>	<Integer>

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE">  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:integer"/>  
</owl:DatatypeProperty>
```

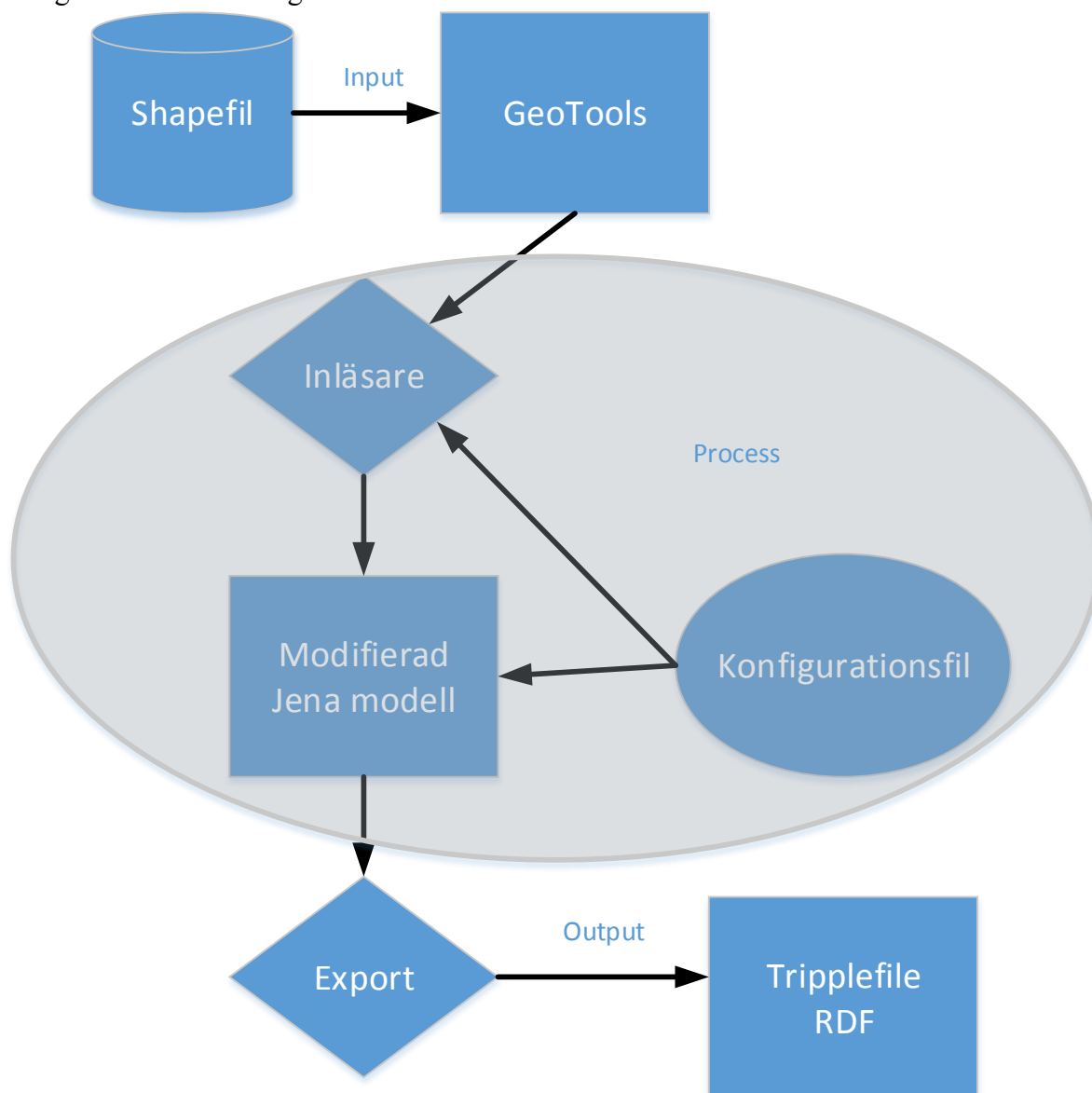
Ontologin är uppbyggd på enklast möjliga sätt där relationer och attribut är tilldelade respektive klass. Denna ontologi kan byggas på för att skapa en mer detaljerad bild av klassernas innebörd vilket skulle göra en GeoSparql- och Sparql-sökning mot genererade triplets ett mer korrekt svar. I ontologins nuvarande form så har Open World Assumption (Pollock, 2009) inte heller tagits i beaktan. Så i nuläget så skulle en frågan om klasserna Referenslink, ReferensNode och Referenslinkpart var detsamma generera svaret kanske. Detta på grund av att vi aldrig definierar dem som skilda med hjälp av till exempel owl:disjointWith (W3C, 2015b).

4.4 Anpassning av TripleGeo till den skapade ontologin

TripleGeo är det verktyg som använts till att transformera data till RDF-data. Inställningarna för programmet görs via en konfigurationsfil. I detta projekt har en shapefil (SHP) använts. SHP är ett filformat som utvecklats för att hantera vektordata och består av flera olika filer som läses in av exempelvis programvaran ArcGIS (Gisela, 2015). Till TripleGeo går det även att använda sig av en databasuppkoppling (GeoKnow, 2015).

Figur 6 visar hur TripleGeo är uppbyggt. I denna rapport beskrivs bara användande av SHP-fil så input via GeoTools kommer att användas. Vid transformering visade det sig att TripleGeo inte är uppbyggt för att transformera den datastruktur som den data vi använder från NVDB innefattar.

Programmet var låst till en viss datastruktur vilket även beskrivs av Kostas et al. (2014). Det krävs att varje objekt har en unik nyckel samt att namnet på objektet finns i tabellen. Ville man ange metadata till den spatiala informationen så var predikatet name hårdkodat. Eftersom NVDB har flera metadata i varje tabell och att för att behålla meningen samt relationer mellan all data så krävdes dels att predikatet kunde namnges samt att flera attribut än ett kunde läsas in. Det spatiala metadata som objekten hade blev rätt från början men för att kunna transformera all data korrekt behövdes källkoden i TripleGeo skrivas om. Den första ändringen som gjordes var att tillföra möjligheten att namnge predikaten till de olika attributen som skulle läsas in. Sedan så lades även möjligheten att läsa in flera attribut vid varje inläsning. Alla inställningar som TripleGeo hanterar sköts via en konfigurationsfil. Detta var väsentligt för att kunna bibehålla all datas innebörd och för att kunna anpassa alla triplets till den skapade ontologin. Eftersom det är av stor vikt att predikaten och klasserna stämmer överens med den angivna ontologin för att en sökning senare ska kunna generera korrekta svar.



Figur 6 TripleGeo-modell. Egen modell baserad på GeoKnow (2015).

Innan vi ändrade i källkoden så såg valmöjligheterna för inläsning av attribut ut som nedan. Man kunde välja en literal att läsa in men predikatet kunde inte anges.

```

## OPTIONAL field name from which name literals (i.e., strings) will be extracted.
## Set value UNK if non applicable.
#name = name
name = ${name}
  
```

Name angav då det kolumnnamn som innehar det värde man ville knyta till objektet som sedan beskrevs i triplets som predikatet "name".

Resultatet blev då i pseudokod.

```
<ReferensLinkPart> <"name"> <RLID>
```

Detta innebär att klassen ReferensLinkPart har namnet i form av referenslänken den är en del av. Denna beskrivning stämmer inte överens med den ursprungliga relationen mellan objektet och attributet och följaktligen då inte vår ontologi. På grund av detta var en ändring i källkoden nödvändig för att bibehålla semantiken från relationsdatabasen och anpassa all data till ontologin.

Ändringen vi gjorde var dels att möjliggöra att läsa in flera kolumner samtidigt genom att hämta in flera sökparametrar än en från optionsfilen. Sedan la vi till möjligheten att skriva in ett predikat som kopplas till de inlästa attributen. TripleGeo var också förprogrammerat att använda sig av attribute för att namnge label. Vi la till funktion för att själv kunna ange vilket label man vill använda sig av detta för att kunna anpassa label till den angivna ontologin.

Resultatet resulterade till att optionsfilen nu ser ut som nedan.

Name är vilket attribut i filens tabell som ska läsas in och predicate är vilket predikat det angivna värdet har i ontologin.

```
featureString = reflinkpart
attribute = OBJECTID
ignore = UNK
type = Referenslinkpart

name = REFLINK_OI
predicate = PartOfRefernslink

name1 = FROM_MEASU
predicate1 = FromMeasure

name2 = TO_MEASURE
predicate2 = ToMeasure

name3 = FROM_DATE
predicate3 = FromDate

name4 = TO_DATE
predicate4 = ToDate

name5 = LENGTH
predicate5 = Lenght

name6 = FROM_REFNO
predicate6 = FromRefNode

name7 = TO_REFNODE
predicate7 ToRefNode

class = Referenslinkpart
label = Referenslinkpart
```

Efter name så anges kolumnnamnet och efter predicate så anges det önskade predikatet till värdet. Detta måste stämma överens med den ontologi som skapas. I detta fall har klassen Referenslinkpart en Referenslänk den är bunden till.

Ovanstående inläsning i pseudokod.

<Referenslinkpart>	<PartOfReferenslink>	<REFLINK_OI>
<Referenslinkpart>	<FromMeasure>	<FROM_MEASU>
<Referenslinkpart>	<ToMeasure>	<TO_MEASURE>
<Referenslinkpart>	<FromDate>	<FROM_DATE>
<Referenslinkpart>	<ToDate>	<TO_DATE>
<Referenslinkpart>	<FromRefNode>	<FROM_REFNO>
<Referenslinkpart>	<ToRefNode>	<TO_REFNODE>
<Referenslinkpart>	<label>	<Referenslinkpart>

Det viktiga innan inläsning är att predikaten och klassnamnet stämmer med den angivna ontologin så alla triplets får rätt URI.

5 Resultat

I detta kapitel beskrivs den ontologi som skapats samt en genomgång av de steg som behöver genomföras för att transformera geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben utifrån syftet med studien.

5.1 Validering av skapad ontologi

För att validera att den skapade ontologin är korrekt skapad i syntax och innebörd så använder vi RDF Validator. Med det redskapet så läses XML/RDF-dokumentet in där syntaxen verifieras, alla triplets visas i en tabell så deras innebörd kan verifieras. Det är även möjligt att skapa en graf som visar relationer mellan alla triplets.

Resultatet från RDF Validator visar att XML/RDF-dokumentet fick en lyckad validering. Det betyder att syntaxen i dokumentet var korrekt och att det därmed är maskinellt läsbart.

Den andra valideringsmetoden är tabellen med triplets. Och den visar att maskininläsningen har tolkat ontologin på korrekt sätt och därmed sorterat in all data med rätt betydelse i triplets. En genomläsning visar att Subjekt, predikat och objekt stämmer överens med den kod vi presenterade i kapitel 4. Rätt URI för de klasser vi importerat från andra ontologier är också angivna.

I Tabell 5 så visas alla triplets genererade av inläsningen av XML-dokumentet som innehåller vår ontologi. Om man tittar på raden innehållandes subjekt så ser man att alla dessa är definierade av oss detta syns på att URL:en är den som vi angett och att alla URI:er börjar med just den angivna adressen. Tittar man kolumnen för predikat och objekt så varierar klasserna från vår egen till andra importerade ontologier och således externa klassdefinitioner. Första raden så anges vår URL med hjälp av en importerad RDF-syntax där typ definieras och objektet är owl:s definition på en ontologi. Med andra ord så anges de data presenterade i XML-dokumentet av typen ontologi. De följande raderna deklarerar vilka importer av andra ontologier som skett och på rad 7 så anges en object-property med namnet FromRefNode och de följande raderna deklarerar range och domain som påvisades i genomgången av ontologins kod i kapitel 4.3. Alla påståenden som görs i dokumentet transformeras till en triplet och det är möjligt att härleda varje påstående i XML-dokumentets kod till en tillhörande triplet.

Tabell 5 Ontologins genererade triplets

Nu mber	Subjekt	Predikat	Objekt
1	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Ontology
2	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#imports	http://www.opengis.net/ont/geosparql
3	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#imports	http://www.opengis.net/ont/gml
4	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#imports	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#
5	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#imports	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#
6	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#imports	http://www.w3.org/2004/02/skos/core

7	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty
8	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode
9	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
10	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty
11	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode
12	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
13	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfReferenslink	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty
14	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfReferenslink	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
15	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfReferenslink	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
16	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
17	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
18	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer
19	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
20	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode
21	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
22	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer
23	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
24	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
25	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double
26	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty

	ologi.owl#Lenght	ns#type	
27	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
28	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
29	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double
30	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
31	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode
32	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
33	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer
34	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
35	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode
36	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
37	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
38	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
39	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
40	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode
41	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
42	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer
43	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
44	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode
45	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
46	http://rosatte-	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer

	no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	0/01/rdf-schema#range	nteger
47	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty
48	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
49	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double
50	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Class
51	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"RefNode"
52	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf	http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature
53	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Class
54	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referenslinkpart"
55	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf	http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature
56	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Class
57	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referenslink"
58	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf	http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature

5.2 Validering av genererad RDF-data

Vi transformerade även tre SHP-filer med data från Borlänge kommun. De data som transformerats är transformerade med hjälp av optionsfilen i TripleGeo för att passa vår ontologi. Resultatet blev över 300 000 genererade triplets. Eftersom ett sådant resultat är helt oöverskådligt så har vi valt ut en Referenslink en Referenslinkpart samt två Referensnoder. Vi utgick från en Referenslink letade fram en Referenslinkpart som var del av samma Referenslink samt hämtade de två referensnoderna som Referenslinkpart-klassen innefattade. Detta gav fyra objekt som har en relation till varandra och detta hjälper att få en bra överblick över resultatet.

De triplets som genererades av de fyra objekten redovisas i sin helhet i tabell 6. Subjekten i denna tabell är de klasser vi använt för att redovisa resultatet. Predikaten är de definierade relationen till objektet de innehåller både egna och importerade definitioner. Objekten är de literals och klassdefinitioner de olika klasserna har.

Tabell 6 Genererade triplets av transformerad data från utvalda klasser

Nu mb er	Subjekt	Predikat	Objekt
1	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE	"2"@sv
2	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	"2"@sv
3	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght	"42.2799369"@sv
4	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght	"1"@sv
5	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	"3:612122"@sv
6	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#null	"MULTILINESTRING ((527687.5859999999 6699915.22, 527721.409 6699940.526))"@sv
7	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#featureWithoutClasses
8	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
9	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature
10	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#LineString

	A612122		
11	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referenslink"@sv
12	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122
13	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT	"LINESTRING (527687.5859999999 6699915.22, 527721.409 6699940.526)"^^http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral
14	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfReferenslink	"3:612122"@sv
15	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure	"0.0"@sv
16	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure	"1.0"@sv
17	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	"20010401"@sv
18	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	"99991231"@sv
19	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght	"42.2799369086499"@sv
20	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode	"2:585030"@sv
21	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode	"2:585016"@sv
22	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#null	"MULTILINESTRING ((527687.5859999999 6699915.22, 527721.409 6699940.526))"@sv
23	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#featureWithoutClasses
24	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart

25	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature
26	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#LineString
27	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referenslinkpart"@sv
28	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433
29	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT	"LINESTRING (527687.5859999999 6699915.22, 527721.409 6699940.526)"^^ http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral
30	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	"2:585030"@sv
31	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	"5"@sv
32	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYP	"1"@sv
33	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	"20010401"@sv
34	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	"99991231"@sv
35	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#null	"POINT (527687.5859999999 6699915.22)"@sv
36	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#featureWithoutClasses
37	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode
38	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature
39	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#Point

	ektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030		
40	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referensnode"@sv
41	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030
42	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT	"POINT (527687.5859999996699915.22)"^^http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral
43	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	"2:585016"@sv
44	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	"3"@sv
45	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYP	"1"@sv
46	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	"20010401"@sv
47	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	"99991231"@sv
48	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#null	"POINT (527721.4096699940.526)"@sv
49	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#featureWithoutClasses
50	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode
51	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature
52	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#Point
53	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referensnode"@sv
54	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016

	ektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016		ektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016
55	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT	"POINT (527721.4096699940.526)"^^http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral

Resultatet som genererades av TripleGeo stämmer inte helt överens med den skapade ontologin. För att få en överblick över ett önskat resultat för att ge underlag till analyskapitlet så skrev vi manuellt om koden i de fyra utvalda objekten. Efter att de fyra objektens kod har ändrats genererades följande resultat i RDF Validator (se tabell 7). Nu är object-property korrekta där objektet i form av en specifik klassindivid är objektet i dessa triplets. Ett exempel på detta visas på rad 12.

Tabell 7 Manuellt anpassade triplets

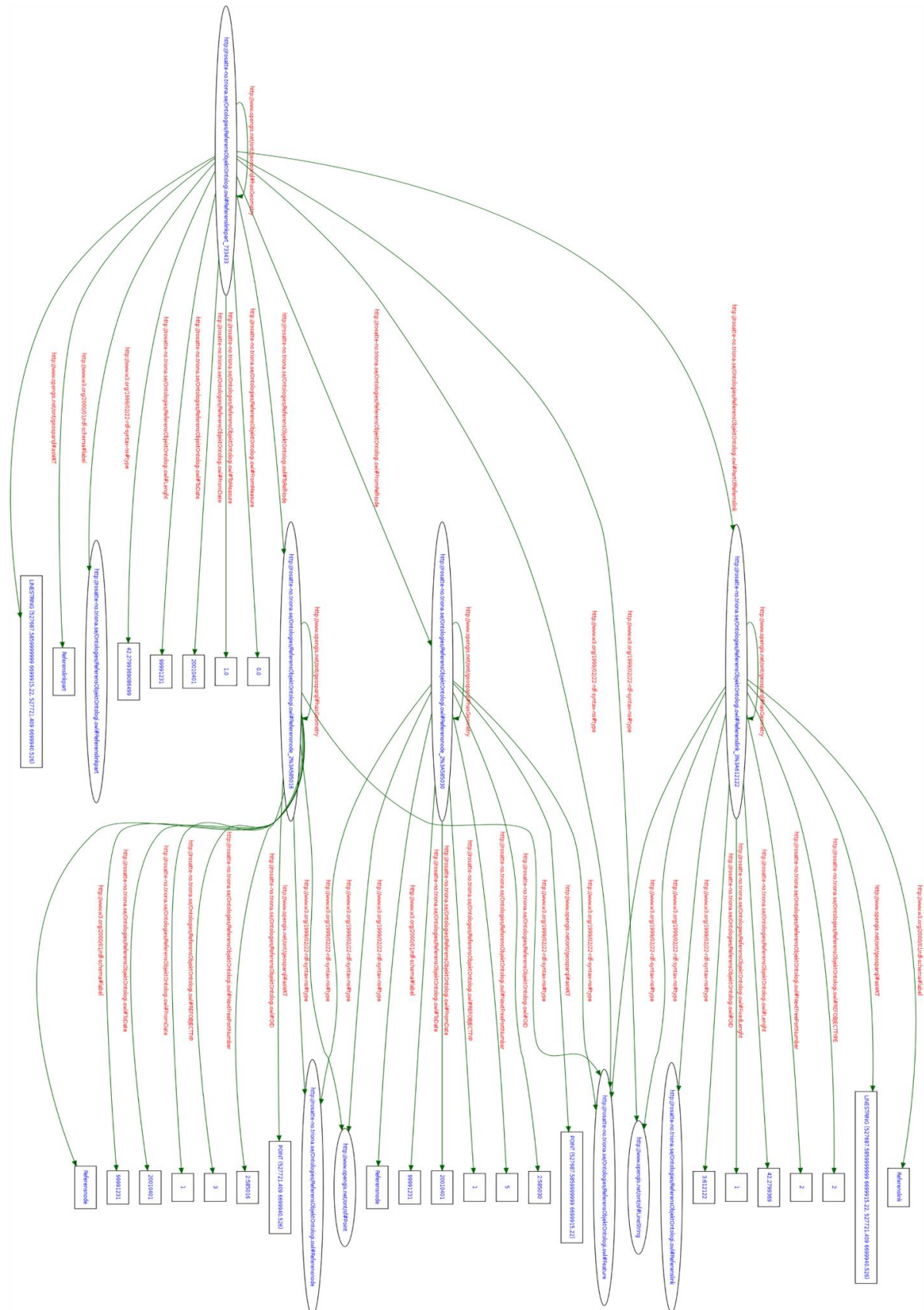
Nu mb er	Subject	Predicate	Object
1	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJEC TTYPE	"2"@sv
2	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePor tNumber	"2"@sv
3	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght	"42.2799369"@sv
4	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght	"1"@sv
5	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	"3:612122"@sv
6	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/1999/02/22- rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink
7	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/1999/02/22- rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature
8	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/1999/02/22- rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#LineSt ring
9	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.w3.org/2000/01/rdf- schema#label	"Referenslink"@sv
10	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.opengis.net/ont/geosp arql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122
11	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122	http://www.opengis.net/ont/geosp arql#asWKT	"LINESTRING (527687.5859999999 6699915.22, 527721.409 6699940.526)"^^http://www.opengis. net/ont/geosparql#wktLiteral
12	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_73 3433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfRefer enslink	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink_3%3A612122
13	http://rosatte-	http://rosatte-	"0.0"@sv

	no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure	
14	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure	"1.0"@sv
15	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	"20010401"@sv
16	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	"99991231"@sv
17	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght	"42.2799369086499"@sv
18	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030
19	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016
20	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart
21	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature
22	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#LineStyle
23	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referenslinkpart"@sv
24	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433
25	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart_733433	http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT	"LINESTRING (527687.58599999996699915.22, 527721.4096699940.526)"^^http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral
26	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	"2:585030"@sv
27	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	"5"@sv
28	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	"1"@sv

	ktOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	ObjektOntologi.owl#REFOBJEC TTYP	
29	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	"20010401"@sv
30	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	"99991231"@sv
31	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode
32	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature
33	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#Point
34	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referensnode"@sv
35	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030
36	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585030	http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT	"POINT (527687.58599999996699915.22)"^^http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral
37	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID	"2:585016"@sv
38	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber	"3"@sv
39	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJEC TTYP	"1"@sv
40	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate	"20010401"@sv
41	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate	"99991231"@sv
42	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode
43	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature

	585016		
44	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/sf#Point
45	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Referensnode"@sv
46	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016
47	http://rosatte-no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referensnode_2%3A585016	http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT	"POINT (527721.4096699940.526)"^^http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral

Även en ny graf skapades för att visa skillnaden i relationerna mellan alla triplets (se figur 8). Här syns skillnaden i relationerna mer tydligt. Nu ligger inte alla klasser längre till vänster utan bara Referenslinkpart. Detta på grund av att det är den klassen som är subjekt i de definierade object-property. Där klasserna RefNode och ReferensLink är objekt, vilket resulterar i att de nu ligger i mitten och är sammankopplade med predikaten partOfReferenslink samt FromNode och ToNode.



Figur 8 Graf med manuellt anpassade triplets

5.3 Framarbetad arbetsmodell

Ett av studiens mål var att visa en arbetsmodell för hur man överför geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben. Genom de steg som utförts i kapitel 4 har vi sammanfattat detta i en arbetsmodell som kan användas för liknande arbeten. De steg som beskrivs är det som visats mer ingående i kapitel 4 och som bygger på den programvara som använts och det exempeldata som använts i studien.

Inläsande av shapefil

En shapefil innehållandes geospatiala data från en relationsdatabas.

Utformande av egen ontologi

Utifrån shapefilens tabeller behöver en ontologi skapas så att mening och relationer mellan data blir rätt tolkad i transformeringen. Detta är nödvändigt för att data ska bli sökbart på ett sätt så att den semantiska betydelsen går att tolka för datorer.

Konfigurationsfil

För att läsa in data i transformationsprogrammet krävs att programmet vet vilka kolumner som ska läsas in. Detta styrs med hjälp av konfigurationsfilen som då måste anpassas till de tabeller som ska läsas in.

Konfiguration av programvara

För att hantera att konfigurationsfilen ska kunna läsa in flera olika kolumner behöver källkoden i programvaran anpassas så att rätt antal parametrar läses in i programmet.

RDF/XML

Transformerad data presenteras i formatet RDF/XML. Dessa data kan då valideras genom att se så att all data har behållit sin mening och relationer till andra data. Detta kan göras manuellt eller med hjälp av valideringstjänster.

RDF-lagring

För att data som är transformerat ska bli sökbart behöver det lagras i en lagringsplats som är anpassad för att hantera filer i RDF-format. En sådan lagringsplats kallas triplestore.

6 Analys

I detta kapitel kommer vi att analysera det resultat som studien gett och som presenterats i kapitel 5.

6.1 Ontologi

Genom att skapa en ontologi och validera den i RDF-Validator har vi sett att den skapade ontologin klarar att tolka relationer på det sätt det var tänkt vilket var ett av målen för studien.

6.2 Transformerad data

Efter att analyserat resultatet av de fyra valda objektet så visade det sig att några problem kvarstår för ett önskat resultat i form av triplets som stämmer överens med den skapade ontologin. Många av problemen härstammar från TripleGeo men även från de ursprungliga data.

Med de ändringar vi gjort i TripleGeo går det att skapa läsbar data som har samma attribut som originalet. Dock så uppfyller resultatet inte den önskvärda standarden för den semantiska webben där object-property ska vara kopplade med klasser och inte literals. Men som det ser ut nu efter en transformering till RDF så innehåller klasserna sin ursprungliga mening men för att kunna göra detta maskinellt tolkningsbart så behöver objekten stämma överens med ontologin. I dess nuvarande form går det att hitta relationer mellan klasserna men de kräver en mänsklig tolkning.

Problem med TripleGeo

Det största problemet med TripleGeo är att bara en fil kan läsas in i taget. I nuläget går det därför inte att länka två klasser med varandra som det är menat. Nu kan man bara knyta samman objekten på samma sätt som i relationsdatabasen. Till exempel så är Referenslinkpart knytet till Referenslinkens oid som attribut men det önskvärda vore att koppla samman de med object-property direkt till Referenslinkklassen som angivet i ontologin.

Exempel i pseudokod

Resultat i TripleGeo

```
<Referenslinkpart><PartOfRefernslink><Referenslinkens OID>
```

Önskat resultat

```
<Referenslinkpart><PartOfRefernslink><Referenslink>
```

Så med TripleGeos transformerade data så går rätt Referenslink att hitta om man vet hur relationen mellan klasserna är uppbyggd men det önskvärda vore att knyta till det aktuella objektets faktiska URI.

Ett annat problem som resultatet visar är dubbla benämningar på klasstyp och identifiering av koordinater.

Dessa värden tilldelas objekten.

```
<georesource:null xml:lang="sv">MULTILINESTRING ((527687.5859999999  
6699915.22, 527721.409 6699940.526))</georesource:null>  
<rdf:type rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#featureWithoutClass"/>
```

Men även de korrekta värdena tilldelas samma objekt

```
<rdf:type rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>  
<rdf:type rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Feature"/>  
<rdf:type rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/sf#LineString"/>
```

```
<rdfs:label xml:lang="sv">Referenslinkpart</rdfs:label>
<geo:hasGeometry rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart 733433"/>
<geo:asWKT
rdf:datatype="http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral">LINESTRING
(527687.5859999999 6699915.22, 527721.409 6699940.526)</geo:asWKT>
```

Detta har ingen betydelse vid en eventuell lagring och sökning med hjälp av GeoSparql eftersom de rätta definitionerna är tilldelade så en spatial utfrågning är möjlig. Men det skapar onödiga triplets.

Problem med ursprunglig data

Även uppbyggande av identifikation av de ursprungliga data vi hämtat från SHP-filerna skapar problem vid transformering till semantisk webb. Efter som semikolon används i objektidentifikationen hos de ursprungliga objekten så uppstår problem när URI ska skapas. Tecknet är inte accepterat i en URL utan överförs till %3A. Detta är inte önskvärt då objektens identifikation får en annan uppbyggnad än den ursprungliga. Referenslink 3:612122 får då identifikationen 3%3A612122.

7 Diskussion och slutsats

Här presenteras och diskuteras slutsatser av studien utifrån syftet, frågeställning och mål samt vilka begränsningar, vilket kunskapsbidrag studien ger samt rekommendationer för vidare arbete.

7.1 Uppfyllande av syfte och mål

Syftet med studien var att analysera hur man överför geospatiala data från en relationsdatabas till den semantiska webben. Detta anser vi att vi har gjort genom att presentera en modell som visar hur man genomför detta vilket var ett av målen för studien. Ett annat mål för studien var att beskriva hur man skapar en ontologi som passar för att beskriva NVDB's data och datastruktur. Detta anser vi också att vi gjort genom att utveckla en ontologi på det sätt som beskrivs i kapitel 4. Vi har även validerat detta genom att analysera resultatet av de skapade RDF-filerna, både manuellt och med hjälp av W3C's tjänst för att validera RDF.

7.2 Tolkning av resultat och egna slutsatser

Det resultat vi kommit fram till utifrån studiens syfte och mål i form av en ontologi och en modell för hur transformationen går till borde vara generaliserbart på liknande fall med geospatiala data. För att modellen ska vara generaliserbar på alla typer av relationsdatabaser krävs att ontologier vidareutvecklas samt att programvara anpassas för att hantera ett bredare spektra av parametrar i databaser. Resultatet kan också ses som ett sätt att påvisa att tekniken och teorierna finns kring detta område men att det inte finns några färdiga lösningar som kombinerar detta på ett sätt som gör det helt generaliserbart och applicerbart på alla relationsdatabaser. Denna slutsats ligger också i linje med det som beskrivs av Kostas et.al (2014), där de beskriver att programvara inom området fortfarande är i utvecklingsfas.

De utpekade problemen med programvaran är inte svåra att lösa men på grund av tidsbegränsningen för denna rapport har vi enbart valt att lösa de problem som hindrade oss från att skapa triplets av de utvalda klasserna. Dock så bedömer vi att en förändring av programvaran som skulle generera ett önskvärt resultat inte är svårt att uppnå.

Utifrån det beskrivna fallet i inledningen med familjen Svenssons sökningar av olika saker för att planera en resa baserat på spatiala sökningar, ser vi utifrån den utförda studien att en sådan sökning med semantisk webbt teknologi skulle vara möjlig. Som beskrivet så finns inte färdiga lösningar än men vi ser att möjligheterna finns för att genomföra detta.

7.3 Begränsningar och generalisering

Studiens omfattning i tid gör att den som tidigare beskrivits fått begränsats till att ta fram en modell som passar för NVDB och dess struktur. Att studien utförts på NVDB beror dels på samarbetspartnerns önskemål samt att den innehåller geospatiala data vilket det forskats förhållandevis lite på i detta sammanhang. Målet har ändå varit att utveckla och visa en modell för hur transformeringen av data och skapande av en ontologi går till på ett sätt som ska vara generaliserbart och applicerbart på andra typer av relationsdatabaser genom att visa principerna för hur det går till i de modeller som presenterats.

En viktig del i detta arbetes generaliserbarhet är valet av klasser utifrån att fokus varit att bibehålla dess mening och relationer. Tidigare studier av Kostas et al. (2014) beskriver liknande transformering men med fokus på att kapacitetstesta TripleGeo och se att de spatiala värdena överfördes. Vi testade TripleGeo och insåg ganska snabbt att verktyget inte kunde hantera de utvalda klasserna och med den kunskapen kunde vi ta avstamp i den tidigare forskningen och hitta en fokusering i vår rapport där fokus var bibehållen mening av data. Detta menar vi ger vårt arbete en originalitet gentemot tidigare studier som vi har kunnat hitta i form av att de data som transformeras även ska kunna bli sökbart och mappningsbart gentemot andra datakällor.

Eftersom de valda klasserna innefattar två olika spatiala klasser, point och multiline samt att de har en relation till varandra gör att de problem vi visat i de använda verktygens nuvarande form även skulle gälla för andra klasser med andra attribut och relationer. De ändringar vi gjort i TripleGeo möjliggör att överföra de attribut klasser innehar från den relationsdatabas de hämtas från. De kvarstående problem vi identifierat är att klassrelationer behöver inneha faktiska klassindivider istället för som i nuläget där en objektsidentifierare definierar dessa relationer både i relationsdatabasen samt i TripleGeo. Om dessa problem skulle lösas så skulle TripleGeo kunna användas att vidare testa lagringsformer samt testa sökningar med liknande data som den vi använt. Detta är ett steg närmare målet att kombinera olika datakällor för en mer avancerad sökning utan mänsklig tolkning och mappning av data. De identifierade problemen samt de påvisade lösningarna för hur spatiala data transformeras med bibehållen mening och relationer anser vi vara ett av studiens största kunskapsbidrag.

7.4 Vårt arbetssätt

Tanken från början var att utföra en fallstudie baserat på en litteraturstudie med NVDB som fall. Ganska snart började vi inse att programvara och ontologier inte var fullt utvecklade för att genomföra transformering av data på detta mer teoretiska sätt. Vi insåg då att inslag av skapande av ontologi och modifiering av programvara måste förekomma i studien för att uppnå målen för studien och samarbetspartnern.

Då den pågående forskningen inom detta område är fragmentarisk kändes inte intervjuer som något bra alternativ för att samla in information om ämnet. Dokumentstudier och testning av olika programvaror blev det naturliga sättet att införskaffa kunskap om både den teoretiska delen av hur semantiska webben fungerar och den mer praktiska delen i att modifiera programvara och skapa ontologier.

7.5 Samarbetspartnerns syn på arbetet

Samarbetspartnern Triona uttrycker att de är mycket nöjda med studiens genomförande utifrån att arbetet genomförts självständigt i dialog med handledare på företaget. Triona uttrycker också att resultatet av studien är i linje med det som förväntades då samarbetet inleddes och att det ger stora möjligheter till vidare utveckling inom området. Triona anser att teknologin kring semantisk web och länkade data är mycket intressant för de tillämpningar de arbetar inom och avser, i mån av tid och pengar, att fortsatt följa och driva forskning och utveckling på området.

7.6 Rekommendationer för vidare arbete

Studien visar hur man genomför transformation av data från en relationsdatabas med geospaciala data till semantiska webben. Då denna studie är begränsad till fallet NVDB och dess struktur skulle en större och mer generaliserbar ontologi behöva skapas för att passa alla typer av relationsdatabaser. Den programvaran vi använt oss av var den som vi ansåg hade mest förutsättningar att hjälpa oss i den här studien och modifierades just för detta syfte. Genom att vidareutveckla denna typ av programvara så skulle det i kombination med välutvecklade ontologier öppna upp möjligheter för den semantiska webben att utvecklas.

Vår dokumentstudie visade också möjligheter för att lagra triplets i en triplestore det vill säga en databas anpassad för triplets. Det visade sig att utbudet av triplestores som gav möjlighet för spatiala sökningar med samtliga av OGC:s klasser var begränsat men Parliament (BBN Technologies, Inc, 2015) ska kunna hantera alla olika spatiala klasser samt de specifika spatiala frågorna som GeoSparql erbjuder. Genom att lagra och testa utfrågningar via Parliament så skulle ontologin vidareutvecklats och en sammankoppling mellan andra triplestores skulle också då bli möjlig.

8 Referenser

- Auer, S., Lehmann, J., & Hellmann, S. (2009). *Linkedgeodata*. Hämtat från Linkedgeodata.org: <http://linkedgeodata.org/files/paper.pdf>
- BBN Technologies, Inc. (den 20 05 2015). Hämtat från www.parliament.semwebcentral.org: <http://parliament.semwebcentral.org/>
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*.
- Björklund, M., & Paulsson, U. (2003). *Seminarieboken -att skriva,presentera och opponera*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Centrum för Geografiska Informationssystem vid Lunds universitet. (den 7 05 2015). <http://www.gis.lu.se/vadargis.htm>. Hämtat från www.lu.se: <http://www.gis.lu.se/vadargis.htm>
- GeoKnow. (2015). *GeoKnow TripleGeo*. Hämtat från <https://github.com/GeoKnow/TripleGeo>
- GeoKnow. (2015). *geoknow.eu*. Hämtat från <http://geoknow.eu/Welcome.html>
- GeoKnow. (den 17 April 2015). *GeoKnow.eu*. Hämtat från <http://geoknow.eu/Project.html>
- Gisela. (den 27 April 2015). *Gisela. Om SHP*. Hämtat från <http://gisela.humangeo.su.se/SHP.ashx>
- IGI Global. (2015). *IGI Global Dissiminator of knowledge*. Hämtat från What is Geospatial Ontology: <http://www.igi-global.com/dictionary/geospatial-ontology/12151>
- Kostas, P., Michalis, A., Giorgos, G., & Spiros, A. (den 16 April 2014). *dbnet.ece*. Hämtat från <http://www.dbnet.ece.ntua.gr/pubs/uploads/TR-2014-2.pdf>
- Kostis, K., Ioannis, V., Dimitrianos, S., Stefan, M., & Manolis, K. (den 16 April 2014). <http://www.linkedeodata.eu/>. Hämtat från <http://www.linkedeodata.eu/publications/iswc-2014-terracognita.pdf>
- Lehmann, J. (den 16 April 2015). *svn.aksw*. Hämtat från <http://svn.aksw.org/projects/GeoKnow/Public/GeoKnow-Handbook.pdf>
- Lehmann, J., Athanasiou, S., Both, A., Böhmann, L., Garcia Rojas, A., Giannopoulos, G., . . . Stadler, C. (2015). Hämtat från <http://svn.aksw.org/projects/GeoKnow/Public/GeoKnow-Handbook.pdf>
- Lumano. (April 2008). *Lumano.se*. Hämtat från <http://www.lumano.se/Artiklar/Relationsdatabaser>
- NE.se. (den 07 Maj 2015). *Ontologi*. Hämtat från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ontologi>
- Oates, B. (2006). *Researching information systems and computing*. London: SAGE Publications INC.
- OGC. (den 2015 April 2011). *OGC Geosparql*. Hämtat från <http://www.opengeospatial.org/standards/geosparql>
- OpenStreetMap. (2015). *Openstreetmap.org*. Hämtat från <http://www.openstreetmap.org/about>
- Oracle. (den 5 Maj 2015). *A Relational Database Overview*. Hämtat från <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/jdbc/overview/database.html>
- Passin, T. B. (2004). *Explorers guide to to the semantic web*. Manning Publications Co.
- Pollock, J. T. (2009). *Semantic Web For Dummies*. Hoboken: John Wiley and sons Inc.
- Stanford Center for Biomedical Informatics Research. (den 24 04 2015). <http://protege.stanford.edu>. Hämtat från <http://protege.stanford.edu>: <http://protege.stanford.edu/>
- Trafikverket. (den 13 04 2015). *NVDB.se*. Hämtat från NVDB.se: <http://nvdb.se/sv/>
- Trafikverket. (den 13 April 2015). *Trafikverket*. Hämtat från <http://www.trafikverket.se/Foretag/Trafikera-och-transportera/Trafikera-vag/Verktyg-e-tjanster-och-vagdata/Nationell-vagdatabas/>
- Triona. (den 17 April 2015). *Triona.se*. Hämtat från http://triona.se/Om_Triona/.
- W3C. (den 15 05 2015). *www.w3.org/xml/core*. Hämtat från www.w3.org: <http://www.w3.org/standards/xml/core>
- W3C. (den 16 Maj 2015a). *RDF Primer*. Hämtat från W3.org: <http://www.w3.org/TR/2014/NOTE-rdf11-primer-20140624/>

- W3C. (den 16 April 2015b). *owl2 primer*. Hämtat från w3.org:
<http://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-primer-20121211/>
- W3C. (den 28 April 2015c). *LINKED DATA*. Hämtat från
<http://www.w3.org/standards/semanticweb/data>
- W3C. (den 7 Maj 2015d). <http://www.w3.org/RDF/Validator/>. Hämtat från w3.org:
<http://www.w3.org/RDF/Validator/>
- W3C. (den 13 April 2015e). *Sparql 1.1 Query Language*. Hämtat från
<http://www.w3.org/TR/sparql11-query/>
- W3C. (den 17 April 2015f). *w3c naming and addressing URIs URLs*. Hämtat från
<http://www.w3.org/Addressing/>
- W3C. (den 17 April 2015g). *W3C.se*. Hämtat från w3c.se:
<http://www.w3c.se/resources/office/press-releases/2008-01-15-sparql.sv.xhtml>
- W3C. (den 17 April 2015h). *R2RML: RDB to RDF Mapping Language*. Hämtat från w3.org:
<http://www.w3.org/TR/r2rml/>
- W3C. (den 7 April 2015i). *w3.org*. Hämtat från <http://www.w3.org/2001/sw/>
- Wikipedia. (den 06 Maj 2015a). *Geographic information system*. Hämtat från
http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system
- Wikipedia. (den 17 April 2015b). *Wikipedia, URI*. Hämtat från
http://sv.wikipedia.org/wiki/Uniform_Resource_Identifier
- Wikipedia. (den 8 April 2015d). *Semantik*. Hämtat från wikipedia.org:
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Semantik>
- Wikipedia. (den 16 04 2015e). *Ontologi*. Hämtat från wikipedia.org:
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Ontologi>
- Wikipedia Shapefile. (den 07 05 2015c). *Wikipedia.org*. Hämtat från
<http://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile>: <http://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile>

Bilagor

Bilaga 1

Tabellen visar titlar på de mest relevanta resultaten av litteraturstudien samt en kort beskrivning av vad som har gjorts i studien.

Titel	Beskrivning	Teknik	År	Vidare forskning
Direct Migration Method of RDB to Ontology while Keeping Semantics, Lehmann(2013)	Skapar en ontologi Baserat på en RDF genom en algoritm	Algoritm rdf ontologi	2013	
A Framework for OWL DL based Ontology Construction from Relational Database using Mapping and Semantic Rules	Ramverk för ontologi från relationsdatabas Via direkt mapping	OWL,DL,RDF,RDFS, XML-schema,Xml JDBC engine.	2013	Testa ontologin med benchmark
Generating of RDF graph from a relational database using Jena API	Skapa en rdf ontologi direkt från relationsdatabas	Relation database Jena api Sparql	2013	lagra ontologier i en relationsdatabas
Extracting and Integrating Nutrition Related Linked Data	Länkar data på webben om näringsämnen	cli	2015	Förbättra semantiken i sökningarna och länkningarna
A Semi-Automatic Approach for Generating Customized R2RML Mappings	Strategi för att förenkla r2rml-mappning.	RDB, RDF, R2RML, Linked data	2014	
A Guide for Transforming Digital Collections Metadata into Linked Data Using Open Source Technologies	Arbetsmetod för att transformera traditionell data till länkad data genom opensource-teknologier	LOD Sparql RDF	2015	
TripleGeo: an ETL Tool for Transforming Geospatial Data into RDF Triples	Beskrivning av triplegeo En etl för spatiala databaser och överföring till triplets	ETL,Rdf,Triplegeo Geosparql,Jena, Geotools,Java topologi suite	2014	

Bilaga 2 Ontologikod

```
<?xml version="1.0"?>
```

```
<!DOCTYPE rdf:RDF [  
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >  
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >  
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >  
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >  
  <!ENTITY ReferensObjektOntologi "http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#" >  
>]
```

```
<rdf:RDF xmlns="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#"  
  xml:base="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl"  
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"  
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"  
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"  
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"  
  xmlns:ReferensObjectOntology="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#">  
  <owl:Ontology rdf:about="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl">  
    <owl:imports rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql"/>  
    <owl:imports rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/gml"/>  
    <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-  
ns#"/>  
    <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"/>  
    <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/2004/02/skos/core"/>  
  </owl:Ontology>
```

```
<!--
```

```
////////////////////////////////////  
////////////////////////////////////  
//  
// Object Properties  
//
```

```
////////////////////////////////////  
////////////////////////////////////  
-->
```

```
<!-- http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode -->
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromRefNode">  
  <rdfs:range rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>  
</owl:ObjectProperty>
```



```

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode -->

    <owl:ObjectProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToRefNode">
        <rdfs:range rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
        <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
    </owl:ObjectProperty>

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfReferenlink -->

    <owl:ObjectProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#PartOfReferenslink">
        <rdfs:range rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
        <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
    </owl:ObjectProperty>

    <!--

    //////////////////////////////////////
    //////////////////////////////////////
    //
    // Data properties
    //

    //////////////////////////////////////
    //////////////////////////////////////
    -->

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght -->

    <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FixedLenght">
        <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
        <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate -->

    <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromDate">
        <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
        <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
        <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
    </owl:DatatypeProperty>

```

```

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure -->

    <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#FromMeasure">
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
      <rdfs:range rdf:resource="&xsd;double"/>
    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght -->

    <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Lenght">
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
      <rdfs:range rdf:resource="&xsd;double"/>
    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber -->

    <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#NextFreePortNumber">
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
      <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID -->

    <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#OID">
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
      <rdfs:range rdf:resource="&xsd;string"/>
    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE -->

    <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#REFOBJECTTYPE">
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink"/>
      <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>

```

```

</owl:DatatypeProperty>

<!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate -->

  <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToDate">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  </owl:DatatypeProperty>

<!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure -->

  <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ToMeasure">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd;double"/>
  </owl:DatatypeProperty>

<!--

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
//
// Classes
//

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
-->

<!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode -->

  <owl:Class rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#ReferensNode">
    <rdfs:label>RefNode</rdfs:label>
    <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature"/>
  </owl:Class>

<!-- http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart -->

  <owl:Class rdf:about="http://rosatte-
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslinkpart">
    <rdfs:label>Referenslinkpart</rdfs:label>
    <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature"/>
  </owl:Class>

```

```
<!-- http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink -->  
  
  <owl:Class rdf:about="http://rosatte-  
no.triona.se/Ontologies/ReferensObjektOntologi.owl#Referenslink">  
    <rdfs:label>Referenslink</rdfs:label>  
    <rdfs:subClassOf  
rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature" />  
  </owl:Class>  
</rdf:RDF>
```

```
<!-- Generated by the OWL API (version 3.5.1) http://owlapi.sourceforge.net -  
->
```