



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Hvordan georeferere BIM og transformere uten deformasjoner

How to georeference BIM and do transformations
without deformations

Guro Løve
Geomatikk

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på studie innen geomatikk ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven inngår i emnet M30-Geom og omfatter 30 studiepoeng. Forfatter av oppgaven er Guro Løve.

Masteroppgaven er gjennomført som et bidrag til Kartverket. Oppgaven har gått ut på å samle inn kunnskap om praksis rundt georeferering slik at det i fremtiden vil være mulig å utarbeide en veileder rundt dette. Målet er å gjøre det mulig å transformere BIM mellom ulike projeksjoner og referanserammer uten at det oppstår feil og deformasjoner. Dersom det opprettes en norsk standard for georeferering av BIM vil det trolig gjøre det enklere å utnytte informasjonen i modellene.

Jeg vil først takke mine eksterne veiledere, Sveinung Himle (Kartverket) og Karoline Skaar (Kartverket) for veiledning og tilbakemeldinger underveis. De har bidratt med litteratur og kunnskap, og har vært med på å gjøre oppgaven interessant og utfordrende. Fylkeskartkontoret i Vestfold og Telemark fortjener også en takk for å ha gitt meg mulighet til å jobbe med oppgaven fra deres kontorlokaler. Kartverket har også gitt tilgang til litteratur som ikke var åpent tilgjengelig da denne rapporten ble utarbeidet.

Det ble i løpet av oppgaven gjennomført en spørreundersøkelse. Jeg ønsker å takke alle som svarte på den, og dermed bidro til rapporten, En spesiell takk til Trond Arve Haakonsen (Vegvesenet), Asbjørn Eilefsen (Vegvesenet) og Terje Gilde (Implenia), som ved samtaler klargjorde problemstillinger rundt temaet.

Til slutt ønsker jeg å takke min hovedveileder ved NMBU, Ola Øvstedal.

Guro Løve 14.05.23

Sammendrag

Bygg- og anleggsbransjen benytter BIM - *building information modell* i nærmest alle prosjekter som gjennomføres i dag. Til tross for utbredelse, utnyttes trolig ikke BIM til sitt fulle potensiale. Det er spesielt i BIMs siste fase, administrasjon og dokumentasjon av ferdige prosjekt, det er størst mulighet for nye bruksområder.

BIM og georeferering er et komplekst fagfelt. I Norge georefereres BIM i tre ulike koordinatsystemer: lokalt system, NTM eller UTM. De to førstnevnte er foretrukket av bygg- og anleggsbransjen, mens sistnevnte er brukt til dokumentasjon. Offentlig kartdata georefereres i UTM, og krever derfor BIM-dokumentasjon i UTM. Problemstillingen tar for seg muligheten til å transformere BIM mellom ulike koordinatsystemer.

Masteroppgaven er gjennomført med litteraturstudie som undersøker dagens metoder for georeferering av BIM samt metoder for omforming av koordinater mellom lokale koordinatsystem, NTM og UTM. Det er foretatt en spørreundersøkelse og to samtaler for å kartlegge kunnskap, metoder, problemer og synspunkter fra enkeltpersoner i bygg- og anleggsbransjen.

BIM er detaljerte 3D-modeller og det kan føre til store konsekvenser om modellen blir deformert. Nøyaktig georeferering er derfor viktig. Det konkluderes med at en ny felles veileder for georeferering av BIM bør utvikles. Transformasjon av BIM er funnet ikke gjennomførbart med dagens metoder. Konvertering av koordinater er derfor det beste alternativet for omforming av koordinater i en BIM om deformasjoner og feil skal unngås. En ny veileder for georeferering av BIM vil likevel holde døren åpen for videre arbeid med transformasjoner av modeller.

Abstract

The building- and construction industry uses BIM - *building information model* in close to every project carried out today. However, to date, BIM is not being utilized to its full potential. It is especially in BIM's last phase, administration and documentation of the finished project, that there are opportunities for new areas of use.

BIM and georeferencing is a complicated topic. In Norway, BIM can be georeferenced in three different coordinate systems: local system, NTM or UTM. The former two are preferred by the building- and construction industry. The Norwegian authorities requires documentation georeferenced in UTM, including BIM documentation. This report concerns the possibility of altering coordinates in a BIM between different coordinate systems.

The Master thesis has been carried out with a literature study investigating current methods for georeferencing BIM as well as methods for altering coordinates between local coordinate systems, NTM and UTM. A survey and interviews have been carried out to assess current competence, methods, problems and views from individuals in the building and construction industry.

BIM is detailed 3D models with potentially major consequences if deformation occur. Accurate georeferencing is therefore critical. It is concluded that a new common guide for the georeferencing BIM should be developed. Transformation of BIM is found not possible to carry out using current methods. Conversion of coordinates is therefore the best alternative for altering coordinates in a BIM between coordinate systems if deformations is to be avoided. A new guideline for georeferencing of BIM will nevertheless pave the way for further work on transformation of models.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
1 Introduksjon	1
2 Teori	4
2.1 BIM	5
2.2 Geodesi	7
2.2.1 Satellittgeodesi	8
2.3 Referansesystemer og referanserammer	10
2.3.1 Koordinatsystemer	11
2.3.2 Internasjonale og nasjonale organisasjoner som arbeider med referanse- systemer og referanserammer	12
2.3.3 Det internasjonale Celeste referansesystemet og -rammen	14
2.3.4 Det internasjonale Terrestriske referansesystemet og -rammen	16
2.3.5 Den europeiske terrestriske referanserammen	16
2.3.6 Referanserammer og referansesystemer i Norge	17
2.4 Geodetisk grunnlag, kartprojeksjoner og omforming av koordinater	19
2.4.1 Kartprojeksjoner	19
2.4.2 EPSG-registeret	24
2.4.3 Omforming av koordinater	25
2.4.4 Transformasjonsbibliotek	25

2.4.5	Metoder for omforming av koordinater	28
3	Standarder for georeferering av BIM	32
3.1	Internasjonale standarder	35
3.1.1	Open Geospatial Consortium	35
3.2	Norske standarder og veiledere	36
3.2.1	Norsk Standard	37
3.2.2	Kartverkets standarder	37
3.2.3	BIM-veiledere	38
3.2.4	Statsbyggs veileder, SIMBA	40
3.2.5	Entreprenørforeningen bygg og anlegg sin BIM-manual	41
3.2.6	Vegvesenets håndbok V770	43
3.2.7	Veiledere hos kommuner	43
4	IFC	45
4.1	BuildingSMART og openBIM	45
4.2	Oppbygging	46
4.3	Hvordan georeferere BIM ved bruk av IFC	49
5	Undersøkelser	53
5.1	Sammendrag av spørreundersøkelsen	54
5.2	Samtaler	62
5.2.1	Samtale med Trond Arve og Asbjørn (Vegvesenet)	63
5.2.2	Samtale med Terje Gilde (Implenia)	63
6	Diskusjon	65
6.1	Hvordan georeferere BIM	65
6.1.1	Dagens metoder for georeferering av BIM	65
6.1.2	Kompetanse	66
6.1.3	Dagens veiledere og manualer	68

6.1.4	Ny felles veileder for georeferering	68
6.2	Hvordan transformere BIM	69
6.2.1	Hvorfor er det et ønske å kunne transformere BIM?	69
6.2.2	Utvikle Proj	70
6.2.3	Utvikle en offentlig løsning som automatisk omformer koordinater i BIM- leveranser fra NTM til UTM	70
6.3	Gjennomførelsen av oppgaven	70
7	Konklusjon	72
7.1	Videre arbeid	72
A	Spørreundersøkelse	81

Figurer

1.1	Figuren viser en oversikt over fordelene ved implementering av BIM i bygg- og anleggsprosjekter. Kollisjoner mellom bygningsdeler har fått en reduksjon på hele 100% sammenliknet med før BIM ble tatt i bruk (Nordic BIM Group 2023).	2
2.1	Eksempel på en BIM i modelleringsprogrammet Revit (GoPillar Academy 2020)	5
2.2	Oversikt over bruksområdene til BIM fra byggets prosjekteringsfase og frem til riving (The constructor - Building ideas 2023).	6
2.3	De fleste forbinder jorden med bilde til venstre, men bilde til høyre viser jordens virkelige form, også kjent som jordens geoide (Portillo 2023).	7
2.4	Eksempel på hva som kan skje dersom geodesi-kunnskapen ikke er på plass (Soolide 2023).	8
2.5	Oversikt over stasjoner på jorda som brukes til DORIS, SLR, LLR, GNSS og VLBI Altamimi (2022)	9
2.6	Eksempel på ellipsoidisk koordinatsystem (x, y, z) og kartesisk koordinatsystem (ϕ, λ, h) (ESA 2022).	10
2.7	Barysenterets bevegelse i forhold til solen (Wikipedia 2020)	15
2.8	Ekliptikken og ekvator vist i forhold til hverandre (Store norske leksikon 2021b) .	15
2.9	Illustrasjon av hvordan ITRF er lagt opp. Origo ligger i geosenteret. Det grønne feltet viser ekvator, og utgjør planet til x- og y-aksene Geoteam (2022)	16
2.10	Første ordens grunnlagsnett i den sørlige halvdel an Norge (Harsson & Pettersen 2014)	17
2.11	Kartprojeksjoner, plan til venstre, sylinder i midten og kjegle til høyre (Eriksen 2015).	20
2.12	Mercatorprojeksjonen (Wikipedia 2023c)	20
2.13	Mercatorprojeksjonen vises i de to øverste figurene, og gauss-Krüger-projeksjonen vises i de to nederste (GISGeography 2022).	21

2.14	Oversikt over UTM-sonene i verden Wikipedia (2016).	22
2.15	Illustrasjon av hvordan UTM-projeksjonen gjennomføres (Amlien & Gilde 2013).	22
2.16	Oversikt over UTM- og NTM-soner som dekker Norge. De røde linjene er grensene til UTM-sonene samt tangeringslinjene til UTM-sonene. De blå linjene er grensene og de stiplede linjene er tangeringsmeridianen til NTM-sonene (Kartverket 2023g).	23
2.17	Illustrasjon av hvordan NTM-projeksjonen gjennomføres (Amlien & Gilde 2013).	24
2.18	Eksempel på en pipeline der Proj brukes til omforming av koordinater (Kartverket 2023a).	28
3.1	Georeferering ved bruk av IFC (Clemen & Görne 2019)	33
3.2	Georeferering ved bruk av LoGeoRef10 (Clemen & Roxin 2020).	33
3.3	Georeferering ved bruk av LoGeoRef20 (Clemen & Roxin 2020).	34
3.4	Georeferering ved bruk av LoGeoRef30 (Clemen & Roxin 2020).	34
3.5	Georeferering ved bruk av LoGeoRef40 (Clemen & Roxin 2020).	34
3.6	Georeferering ved bruk av LoGeoRef50 (Clemen & Roxin 2020).	35
3.7	Eksempel på hvordan et samhandlingspunkt, eller prosjektnull, kan plasseres. Rutenettet til høyre er prosjektet-område, mens origo er plassert nede til venstre. En nordpil viser sann nord (Entreprenørforeningen bygg og anlegg 2018).	42
3.8	Eksempel på skjema til å føre inn lokale- og globale koordinater for samhandlings- og kontrollpunkt. Entreprenørforeningen bygg og anlegg (2018)	42
4.1	Eksempel på IFC-skjema. <i>IFCContext</i> er objektet helt til venstre. Den er koblet sammen med andre objekter som <i>IFCGeometricRepresentationContext</i> som igjen er koblet til andre objekter (buildingSMART International Limited 2020a).	47
4.2	En oversikt over hvordan enhetene i IFC georefereres. Det starter med enkle objekter, som settes sammen. Til slutt er det et bygg som plasseres ut i et prosjektområde som er knyttet opp til et globalt koordinatsystem (BibLus 2020).	49
4.3	Et eksempel på hvordan small site og large site henger sammen. Det er et stort infrastrukturprosjekt, der det er mange små prosjekter involvert. Et lite prosjekt kan trekkes ut og arbeides med uavhengig av de andre prosjektene (BibLus 2021).	50
5.1	Illustrasjonen viser en oversikt over spørreundersøkelsens deltakere og deres spesialisering. Det er oppgitt i antall deltakere og prosent av totalen.	53
5.2	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 2.	55
5.3	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 3 angående projeksjoner.	55

5.4	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 3 angående referanseramme.	56
5.5	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 4c.	57
5.6	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 4d.	57
5.7	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 5. De fleste benytter mer enn ett program, derfor vil antallet overstige antall deltakere.	58
5.8	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 6.	59
5.9	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 8.	60
5.10	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 9.	61
5.11	Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 10.	61

Tabeller

2.1	En oversikt over alle tilgjengelige norske referanserammer og koordinatsystemer i Proj (Kartverket 2023j)	27
3.1	Sammenlikning av standarder for georeferering i BIM-veiledere	39

Kapittel 1: Introduksjon

Hvor stort potensiale til å formidle informasjon har egentlig BIM? Det er et vanskelig spørsmål å besvare. Det som er sikkert er at BIM har bruksområder som kan utnyttes bedre enn hva som blir gjort i dag. For å få til det må flere av dagens metoder utvikles og forbedres. Dette omfatter blant annet georeferering og transformasjon av BIM.

Bakgrunnen for denne oppgaven er et ønske fra Kartverket om å se nærmere på BIM og transformasjoner. For å gjøre det må først metodene for hvordan bygg- og anleggsbransjen georefererer BIM utforskes. Deretter må behovet for, og muligheten til, å transformere modellene kartlegges. Problemstillingen for oppgaven *hvordan georeferere BIM og transformere uten deformasjoner* dukker opp fordi det er et behov for å omforme koordinatene i en BIM. I kapittel 2.4.3 står det om metoder for omforming av koordinater. I dag benyttes konvertering for å omforme mellom koordinatsystemer, men transformasjoner har mulighet til omforme koordinater mellom referansesystemer og referanserammer.

BIM startet som en enkel 3D-modelleringsløsning tilbake på 70-tallet ([Nordic BIM Group 2023](#)). Bygg- og anleggsbransjen tok likevel ikke i bruk BIM i Norge før på begynnelsen av 2000-tallet ([BIMpraten 2022](#)). I denne oppgaven defineres *bygg- og anleggsbransjen* som alle aktører som er involvert i planlegging, prosjektering og utførelsen av et bygg eller anleggsprosjekt.

Etter tusenårsskiftet har utviklingen gått fort. BIM har gitt muligheten til et bedre og mer effektivt samarbeid. Statsbygg satt krav til bruk av BIM i alle sine prosjekter fra og med 2011 og flere følger deres eksempel ([Statsbygg 2023a](#)). Det er lett å forstå når man ser alle fordelene som sammen bidrar til effektivitet og kostnadsreduksjon som er vist i figur 1.1. Figuren viser at forvaltning og dokumentasjon (FDV) er det nevnte område der kostnadsreduksjon har vært minst. BIM har et stort potensiale, spesielt innenfor dette område, som bør utnyttes bedre.

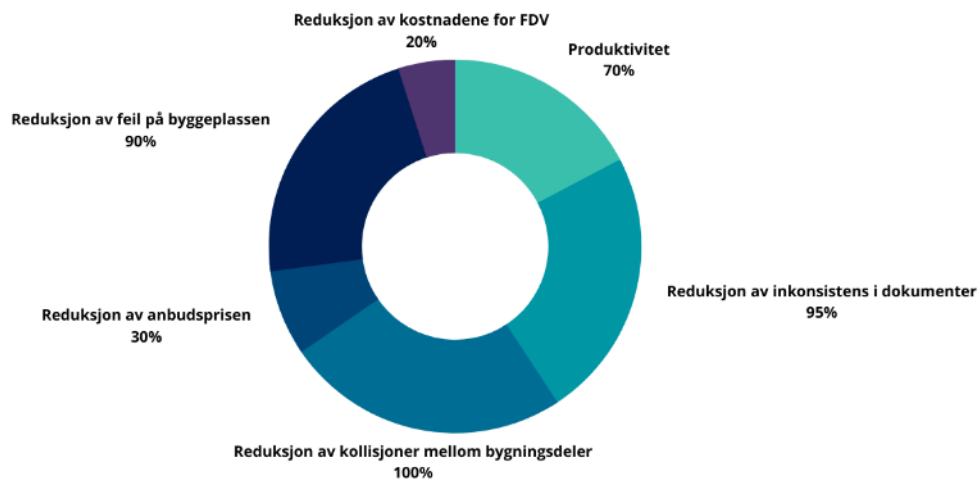


Fig. 1.1: Figuren viser en oversikt over fordelene ved implementering av BIM i bygg- og anleggsprosjekter. Kollisjoner mellom bygningsdeler har fått en reduksjon på hele 100% sammenliknet med før BIM ble tatt i bruk (Nordic BIM Group 2023).

Dette henger sammen med problemstillingen som blir tatt opp i denne oppgaven: georeferering av BIM og behovet for å omforme koordinater mellom ulike referansesystem, referanserammer, koordinatsystem og kartprosjeksjoner. I Norge har vi to offentlige kartprosjeksjoner, Universal Transversal Mercator (UTM) og Norsk Transversal Mercator (NTM), der offentlig forvaltning bruker førstnevnte samtidig som bygg- og anleggsbransjen foretrekker å bruke sistnevnte. Koordinatene i en BIM må derfor omformes fra NTM til UTM når dokumentasjon skal leveres til offentlig forvaltning.

Georeferering av BIM er et tema som er utforsket tidligere. Bacheloroppgaven *Kartprosjeksjonen NTM i bygg og anleggsbransjen* skrevet av Amlien & Gilde (2013), ved Høgskulen i Gjøvik i 2013 er et godt eksempel. Masteroppgaver som *BIM og kartbruk* skrevet av Vanebo (2013) ved NMBU i 2013 og *Nøyaktig stedfesting av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) for utveksling og visualisering av modeller i geografiske informasjonssystemer (GIS)* skrevet av Grøtte (2019), ved NTNU i 2019 er også gode eksempler. Det er i tillegg skrevet relevante artikler der *Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM* (Clemen & Görne 2019) er en det refereres mye til i andre tekster. Det er likevel ingen som har hatt samme vinkling der transformasjoner står sentralt slik det gjør i denne oppgaven.

Denne oppgaven går ut på å samle inn kunnskap om praksis rundt georeferering av BIM, og gjøre rede for om det er et behov for en felles veileder for bygg- og anleggsbransjen. Målet er at det skal bli mulig å transformere BIM mellom ulike projeksjoner uten at det oppstår deformasjoner og feil. Oppgaven er delt inn i 5 deler: en teoridel, ett litteraturstudie, datainnsamling, diskusjon og konklusjon.

Teoridelen tar for seg bakgrunnsteori som må være på plass for å forstå problemstillingen, litteraturstudiet og diskusjonen. Begrepene BIM og geodesi blir kort forklart. Deretter er det en grundigere utredning om referansesystemer og referanserammer. Den siste delen av teorikapittelet

tar for seg geodetisk grunnlag, kartprojeksjoner og transformasjoner .

Neste del er et litteraturstudie der standarder for georeferering av BIM, samt det åpne filformatet Industry Foundation Classes (IFC) blir undersøkt. Internasjonale standarder, norske standarder og norske veiledere utforskes først. Deretter gjøres det rede for IFC, hvem som utviklet det og hvorfor, samt oppbygging av formatet der georeferering av BIM står i fokus.

Det ble gjennomført en spørreundersøkelse og to samtaler i forbindelse med masteroppgaven som blir gjort rede for i det femte kapittelet. Det ble gjennomført for å samle inn erfaringer fra mennesker som jobber med BIM og georeferering.

Diskusjonen tar opp problemstillingen og drøfter den basert på dataene samlet inn i litteraturstudie og undersøkelsene. Metode og kompetanse er viktig når det kommer til georeferering og drøftes i første del av diskusjonen. Hvorfor det er et ønske om å transformere BIM, og hvordan det kan utvikles metoder som gjør det mulig, blir tatt opp andre del av diskusjonen.

Avslutningsvis blir en konklusjon fattet basert på diskusjonen. Det presenteres også forslag til videre arbeid som kan baseres på denne oppgaven.

Kapittel 2: Teori

Dette kapitlet tar for seg grunnleggende teori om BIM og geodesi. Temaene er viktige for å forstå problemstillingen. Georeferering av BIM står sentralt i oppgaven. Det er derfor viktig å forstå hva BIM er. Georeferering er komplisert og man er avhengig av noe bakgrunnsteori om overnevnte temaer. Problemstillingen tar også for seg transformasjon av BIM. Omforming av koordinater skjer i hovedsak mellom kartprojeksjonene UTM og NTM. Omforming av koordinater og hvordan dette gjennomføres samt kartprojeksjoner er derfor en viktig del av teorikapitlet.

2.1 BIM

BIM er en forkortelse med flere betydninger: *Building information model*, *building information modeling*, eller *building information management*. På norsk oversettes det gjerne til *byggningsinformasjonsmodell* eller *-modellering*, men det blir noe mangelfullt da modellene omfatter mer enn bare bygg (BIMpraten 2022).

Building information model refererer til selve modellen. Det er den mest vanlige bruken av begrepet BIM. Med denne definisjonen anvendes en digital 3D-modell av hele bygget og alle dens komponenter nøyaktig slik den skal se ut i virkeligheten, som figur 2.1 viser. Det omtales gjerne som en digital tvilling siden det er en digital kopi av det fysiske objektet. Modellen kan inneholde alt av nødvendig informasjon om materialer, som deres egenskaper, leverandører og kostnader. Det kan også være en 4D-modell, der det er en geometrisk 3D-modell, med tid og fremdriftsplan lagt inn i modellen som en fjerde dimensjon (Nordic BIM Group 2023).

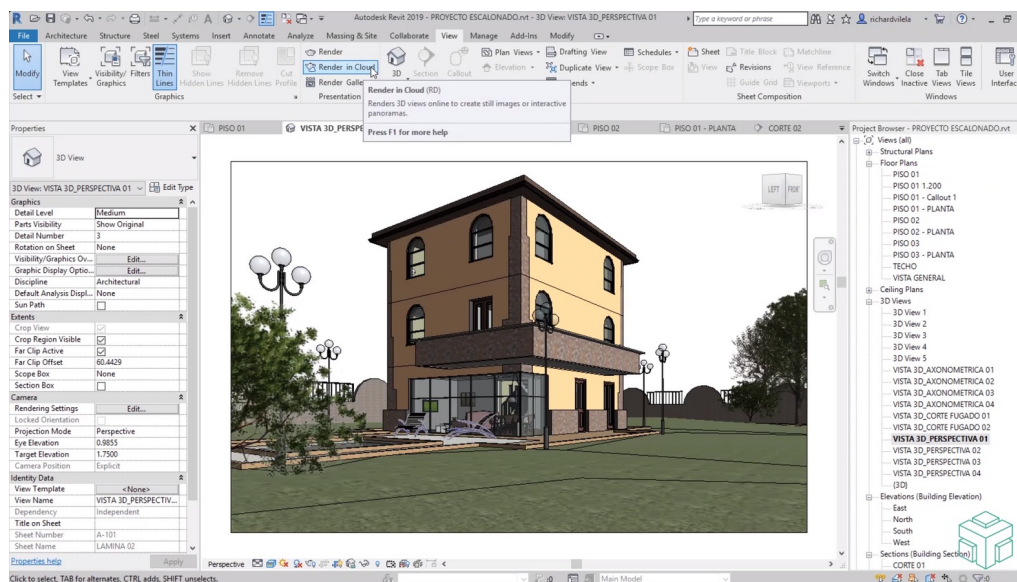


Fig. 2.1: Eksempel på en BIM i modelleringsprogrammet Revit (GoPillar Academy 2020)

Building information modeling er prosessen for å lage selve modellen. Ved denne prosessen benyttes et digitalt verktøy, for eksempel Autodesk sin Revit som er vist i figur 2.1, til å tegne og dokumentere. Her kan flere personer med ulike fagdisipliner samarbeide om å skape en modell. På den måten kan kollisjoner eller andre problemer oppdages i prosjekteringsfasen. Det blir mer og mer vanlig å legge inn alt av informasjon, slik at utførende part vet nøyaktig hva de skal gjøre. På denne måten er det enklere å unngå store uforutsette kostnader seint i prosjektet (Nordic BIM Group 2023).

Building information management er administrasjonen av bygget gjennom hele livsløpet. Da kan modellen brukes til å lagre all dokumentasjon som for eksempel informasjon om alle komponenter i hele bygget. Det kan være hvilken leverandør som ble benyttet, når komponenten ble byttet ut og hvem som er ansvarlig for vedlikehold og dokumentasjon. Det som er viktig er at informasjonen er tilgjengelig og lett å finne for de som trenger den. Da er det avgjørende at nasjonale 3.2 og internasjonale standarder 3.1 er fulgt gjennom hele prosjektet (Nordic BIM Group 2023).

BIM er ikke et nytt konsept. Det ble tatt i bruk allerede på 70-tallet av en professor ved Carnegie-Mellon universitetet i Pennsylvania. Det første digitale verktøyet ble laget allerede i 1984. Revit, som er et av de mest brukte verktøyene, ble lansert i 2000 (Autodesk 2023). Norge har også vært langt fremme i bruk av BIM, og Statsbygg har helt siden 2010 pålagt alle prosjekter over en viss størrelse å benytte det, og de har utarbeidet en egen BIM-manual som det står mer om i kapittel 3.2.4. I figur 2.2 er det en oversikt over BIM sine bruksområder (Nordic BIM Group 2023).

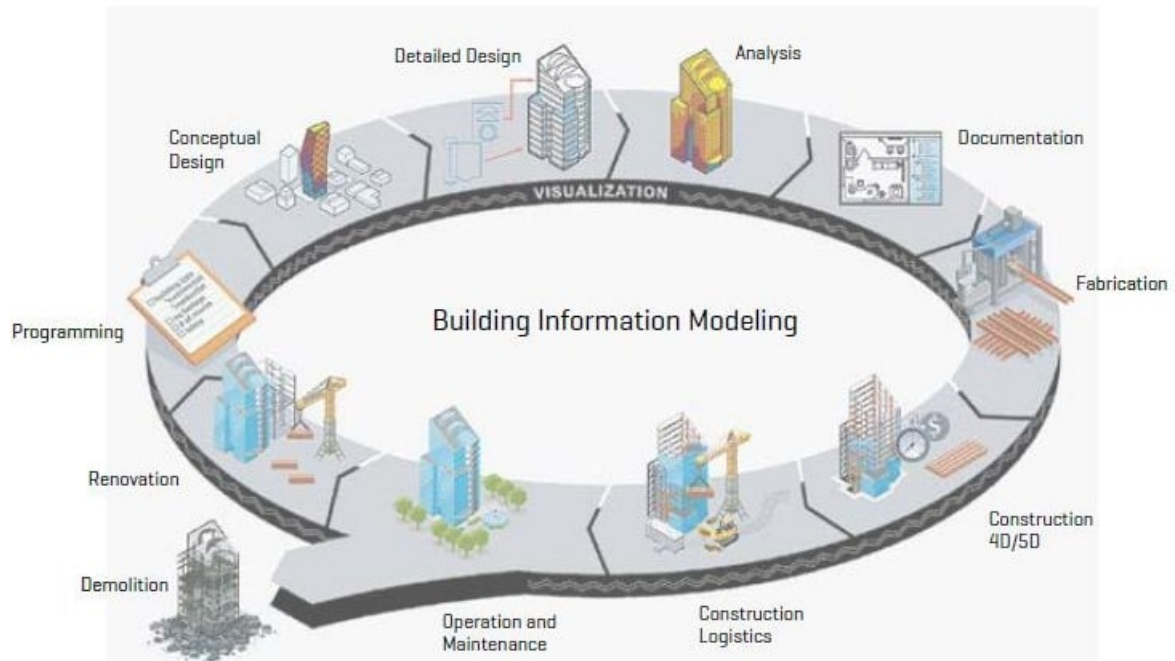


Fig. 2.2: Oversikt over bruksområdene til BIM fra byggets prosjekteringsfase og frem til riving (The constructor - Building ideas 2023).

2.2 Geodesi

Geodesi er vitenskapen som forteller oss hvor noe er, hvor det har vært, og hvor det kommer til å være i fremtiden. Den klassiske definisjonen ble gitt alt på 1800-tallet av Friedrich Robert Helmert: “Geodesy is the science of the measurement and mapping of the Earth’s surface” (Torge & Müller 2012). En nyere og mer nøyaktig definisjon av geodesi er at det tar for seg endringer i jordens form, bevegelse og tyngdefelt. Mange tenker at jorda er rund som en kule. Eventuelt at den er flattrøkt ved polene, slik at den tar form som en ellipsoide. Dette er begge forenklinger. Jorda består av områder dekket av vannmasser, høye fjell og dype daler, og har derfor ikke ev jevn overflate, slik figur 2.3 viser. Samtidig er den i konstant endring forårsaket av indre og ytre krefter (Kartverket 2022a).

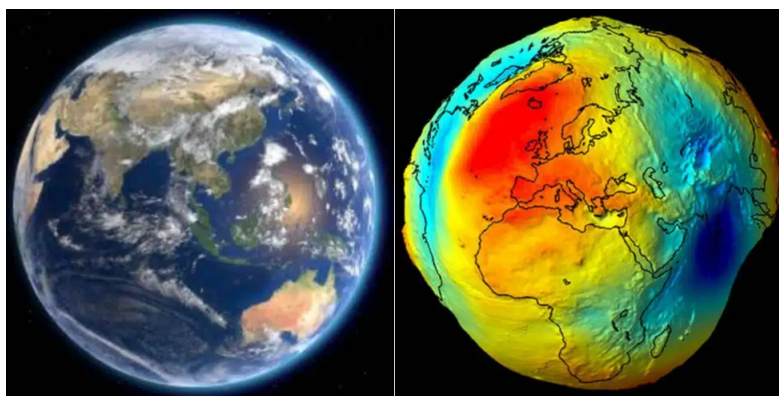


Fig. 2.3: De fleste forbinder jorden med bilde til venstre, men bilde til høyre viser jordens virkelige form, også kjent som jordens geoide (Portillo 2023).

Alle har hørt om tidevann. Det er månens tiltrekningskraft som drar vannet mot seg. Tidejord er mindre kjent, men når månens gravitasjon trekker på vannet, så trekker den også på jordoverflaten. Både tidevann og tidejord forårsaker en endring i jordens form som beveger seg med månen. Dette er en ytre kraft som påvirker jorden konstant. Sola påvirker også jorda, men avstanden er så stor at det ikke er like merkbart som månens påvirkning. Sola og månen er eksempler på ytre påvirkning. Eksempler på indre påvirkning er jordskjelv og vulkanutbrudd. De kan være både store og små, men resultatet er uansett en endring i jordens form, bevegelse og tyngdekraft (Dick 2023).

Det krever mye kunnskap om mange temaer for å måle endringer i jordens form, bevegelse og tyngdefelt? Geodesi er derfor et sammensatt fagfelt som bygger på matematikk, fysikk, informatikk, astronomi og geovitenskap (Dick 2023).

Tidligere forsøkte man å bestemme jordens form ved hjelp av geometriske oppmålinger, noe som var både tidkrevende og utfordrende da det kun var mulig å måle så langt kikkerten kunne se (Dick 2023). Med ny teknologi er det blitt mulig å gjennomføre globale og lokale undersøkelser. Der de globale tar for seg hele jorda, og lokale tar for seg enkeltland. På den måten ser vi hvordan jorda som en enhet endrer seg, samtidig vil det alltid være lokale variasjoner. Norge samt store deler av Skandinavia opplever landheving. Tyrkia og Syria opplevde i februar 2023 et stort jordskjelv. Dette er endringer som ikke nødvendigvis fanges opp på en global skala, men som er viktige for landene det gjelder (Torge & Müller 2012). Bygg- og anleggsprosjekter er helt avhengige av at den lokale geodesien er så nøyaktig som mulig. Det gjør at prosjekter kan gjennomføres raskere,

ved at for eksempel en bro kan bygges fra to sider samtidig og forhåpentligvis treffes på midten, se figur 2.4.



Fig. 2.4: Eksempel på hva som kan skje dersom geodesi-kunnskapen ikke er på plass (Soolide 2023).

2.2.1 Satellittgeodesi

Satellittgeodesi, også referert til som romgeodesi, er den mest utbredte og mest nøyaktige metoden vi i dag har for å måle endringer ved jorden. De vanligste metodene er DORIS, SLR, LLR, GNSS og VLBI. Det er over 300 stasjoner tilknyttet disse metodene (Dick 2023). Figur 2.5 viser en oversikt over alle stasjonene som brukes til å realisere ITRF2020 som det står mer om i kapittel 2.3.4.

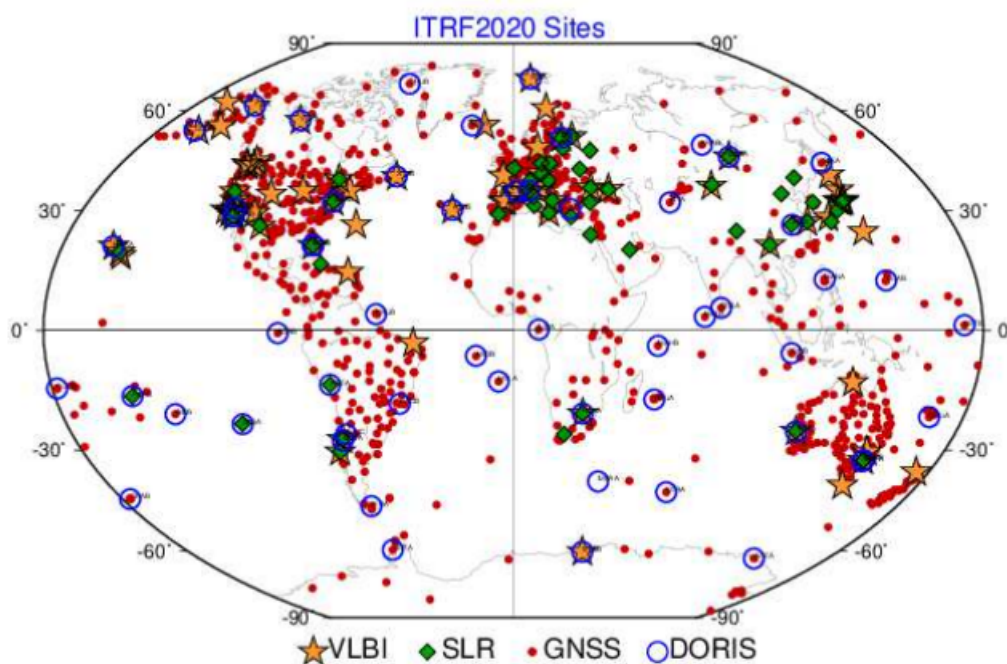


Fig. 2.5: Oversikt over stasjoner på jorda som brukes til DORIS, SLR, LLR, GNSS og VLBI [Altamimi \(2022\)](#)

DORIS er kort for *Doppler Orbit determination and Radio positioning Integrated on Satellite*. Det består av bakkestasjoner som sender signaler til satellitter i bane, og gjør det mulig å bestemme satellittbaners posisjon med en presisjon på 1 cm. SLR og LLR har samme virkemåte, der SLR står for *Satellite Laser Ranging* og LLR står for *Lunar Laser Ranging*. Månen og satellitter har blitt utstyrt med reflektorer, slik at bakkestasjoner kan sende ut et lasersignal som reflekteres tilbake for å måle avstanden. GNSS er kort for *global navigation satellite system*. Det mest kjent systemet er trolig GPS, som er den amerikanske versjonen. Europa, Russland og Kina har også fungerende GNSS, der Europas Galileo er det eneste systemet som ikke er utviklet for militært bruk. GNSS-satellitter fungerer ved at de sender signaler til mottakere på bakken som gjør det mulig å bestemme dens nøyaktig posisjon. Den siste metoden er VLBI. VLBI står for *Very Long Baseline Interferometry*. Metoden baserer seg på at man gjennomfører samtidige observasjoner av samme lyskilde fra ulike observatorier plassert med en avstand på jordas overflate. Kvasarer er et eksempel på en slik lyskilde. En kvasar er et objekt som befinner seg 780 millioner til 13 milliarder lysår unna, samtidig som de stråler ut 10 til 100 ganger mer energi enn en vanlig galakse. Fra jordens ståsted, så vil en kvasar stå helt i ro, samtidig som den er lett å observere. De fungerer derfor som referansepunkter for observasjonsstasjonene på jorda ([Kristiansen 2021](#)). Det er beskrevet mer om hva de romgeodetiske metoden brukes til i 2.3.3 og 2.3.4.

2.3 Referansesystemer og referanserammer

Referansesystemer og referanserammer brukes for å angi nøyaktig posisjoner på jordens overflate, objekter i bane rundt jorden og i verdensrommet forøvrig. Det er både internasjonale og lokale systemer og rammer, og ved å oppgi referansesystem, referanseramme og koordinater så vil det være mulig å finne tilbake til nøyaktig samme punkt. På bakgrunn av dette er definisjonene i hovedsak utarbeidet av tre internasjonale organisasjoner, *International Earth Rotation Service* (IERS), *International Association of Geodesy* (IAG) og *International Astronomical Union* (IAU) (Kristiansen 2021).

Et referansesystem består av et koordinatsystem, samt konstanter, modeller og parametere. Det er først og fremst en matematisk fremstilling uten noe tilknytning til den virkelige verden. Koordinatsystemer er i hovedsak 3-dimensjonale, der origo, aksenes orientering og skalaen er gitt. Figur 2.6 viser to ulike koordinatsystemer som blir brukt. I nyere tid har det oppstått en fjerde dimensjon der tid blir tatt i bruk. Dette har fått navnet dynamiske referansesystemer, i motsetning til statiske systemer som ikke påvirkes av tid. Dynamiske referanserammer gjør det mulig å ta hensyn til at jorda stadig er i endring (Kristiansen 2021).

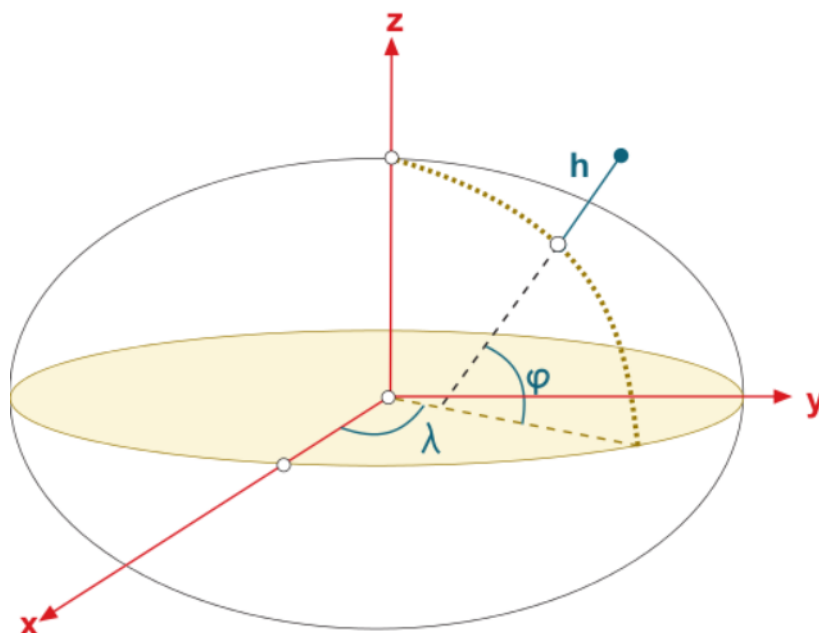


Fig. 2.6: Eksempel på ellipsoidisk koordinatsystem (x, y, z) og kartesisk koordinatsystem (ϕ, λ, h) (ESA 2022).

En referanseramme realiserer referansesystemet. Dersom det er en celest referanseramme (CRF) så vil det være en liste bestående av himmellegemer og deres posisjoner, først og fremst stjerner og kvasarer. Dersom det er en terrestrisk ramme (TRF) så vil det være en liste bestående av målestasjoner på jorda med deres nøyaktige posisjon og hastighet. Referansesystemet er teorien som ligger til grunn, men det er referanserammen som brukes til alle praktiske formål. Når posisjonen til et punkt blir angitt, er det gjort ut i fra kjente posisjoner i referanserammen med reglene satt av det aktuelle referansesystemet (Kristiansen 2021).

2.3.1 Koordinatsystemer

Et koordinatsystem definerer hvordan et punkt blir angitt. Det er tre hovedtyper innen kart og oppmåling ([Kartverket 2009](#)):

- Geosentriske
- Geodetiske
- Plane (koordinater på et flatt kart)

3-dimensjonale koordinatsystemer

Det er to 3-dimensjonale koordinatsystemer som benyttes, se figur 2.6:

- Geosentriske (x, y, z) , med origo i jordas masse-midtpunkt. Det er rettvinklede akser, der x ofte sammenfaller med Greenwich-meridianen, z med jordas rotasjonsakse og y er vinkelrett på de to førstnevnte. x og y ligger ofte på ekvatorplanet.
- Geodetiske koordinater (ϕ, λ) , tar utgangspunkt i en ellipsoide. Koordinatene angis i lengde og breddegrader. Høyde kan oppgis på tre ulike måter:
 - Ellipsoidisk høyde, h , som er høyde over ellipsoiden. Koordinatene angis da slik (ϕ, λ, h)
 - Ortometrisk høyde, som er høyde over geoiden. Høyden angis med H .
 - Normalhøyde, som er høyden over en kvasigeoidmodell. Høyden angis med H . Det er denne metoden som benyttes for å angi høyde i Norge.

2-dimensjonale koordinatsystemer

Det er to metoder for å angi koordinater på 2-dimensjonalt plan. Når koordinater oppgis i 2D gjelder det for det horisontale-planet, høyde blir ikke oppgitt:

- Geodetiske koordinater som blir angitt i grader ($^{\circ}$), bueminutt ($'$) og buesekund ($''$). I likhet med 3-dimensjonale geodetiske koordinater refereres koordinatene det til en ellipsoide-modell.
- Kartplan koordinater som angis på en kartprojeksjon 2.4.1. Koordinatene gis i (x, y) og enheten er som oftest meter.

1-dimensjonale koordinatsystemer

1-dimensjonale koordinater angir høyden. Det er i hovedsak to måter å gjøre det på:

- Ortometrisk høyde som er høyde over geoiden.
- Ellipsoidisk høyde som er høyden over ellipsoiden.

2.3.2 Internasjonale og nasjonale organisasjoner som arbeider med referansesystemer og referanserammer

Som nevnt i første avsnitt av 2.3 er det i hovedsak tre internasjonale organisasjoner som jobber med etablering og vedlikehold av internasjonale referansesystemer og referanserammer:

- *International Astronomical Union*
- *International Association of Geodesy*
- *International Earth Rotation and Reference Systems Service*

Det er i tillegg organisasjoner og samarbeid som tar for seg mindre områder som verdensdeler og land. Det er i hovedsak tre organisasjoner som er aktuelle for Norge:

- *EUREF* (Europa)
- *Nordic geodetic commission* (Norden og Baltikum)
- *Kartverket* (Norge)

International Astronomical Union

IAU ble grunnlagt i 1919, og jobber i hovedsak med astronomi ([IAU 2023a](#)). IAU har ansvaret for å definere koordinatsystem, størrelse og form tilhørende stjerner, planeter, satellitter og andre himmellegemer innenfor vårt solsystem, med unntak av jorda ([IAU 2023b](#)).

International Association of Geodesy

IAG er en av åtte foretak som hører til under hoveorganisasjonen *International Cooperation in Geodesy and Geophysics* (IUGG). IUGG ble i likhet med IAU etablert i 1919 som en vitenskapelig organisasjon. IUGG forsker på fysiske, kjemiske og matematiske aspekter ved jorda. Dette omhandler da jordas størrelse, form og bevegelse samt gravitasjon og magnetfelt. IAG består av fire kommisjoner ([IAG 2020](#)):

- referanserammer
- gravitasjonsfelt
- jordrotasjon og geodynamikk
- posisjonering og applikasjoner.

International Earth Rotation and Reference Systems Service

IERS er den yngste av organisasjonene, og ble opprettet i 1987 av IAU og IUGG ([IERS 2013a](#)). Den har i hovedsak fem oppgaver ([IERS 2013b](#)):

- Vedlikehold av ICRS og realiseringen ICRF, som kan leses mer om i kapittel [2.3.3](#)
- Vedlikehold av ITRS og realiseringen ITRF, som kan leses mer om i kapittel [2.3.4](#)
- Til en hver tid ha oversikt over parameterne som skal til for å transformere mellom ICRF og ITRF.
- Til en hver tid ha oversikt over tid/rom variasjoner hos ICRF, ITRF og jordas orientering.
- Utarbeide standarder, modeller og konstanter som oppmuntret til internasjonalt samspill.

EUREF

EUREF er en komité for europeiske referanserammer som hører til under IAG, og ble i likhet med IERS opprettet i 1987. EUREF sin oppgave er å definere, realisere og vedlikeholde den europeiske referanserammen. Dette gjøres i samarbeid med andre grupper som hører til under IAG og EuroGeographics, som er en kommisjon satt sammen av kartverkene i europeiske land ([EUREF 2017](#)).

Nordic Geodetic Commission

Nordic Geodetic Commission, forkortet NKG, er et samarbeid mellom de nordiske landene: Norge, Sverige, Danmark, Finland og Island samt de baltiske landene: Estland, Latvia og Litauen. Kommisjonen ble opprettet i 1953 og har siden den gang jobbet med å gi medlemmer et samlingspunkt der det er mulig å dele erfaringer og synspunkt. Det arrangeres generalforsamlinger hvert fjerde år, men prosjekter gjennomføres kontinuerlig i arbeidsgrupper. Arbeidsgruppene fordeles på fire ansvarsområder ([NKG 2023](#)):

- *WG of Geodynamics and earth Observation.*
- *WG of Height and Geoid.*
- *WG of GNSS Positioning.*
- *WG of reference Frames.*

NKG jobber med å forbedre og samkjøre den geodetiske infrastrukturen i Norden, et eksempel på dette er forbedringen av den nordiske geoidmodell som nå er under arbeid. NKG jobber også internasjonalt, spesielt opp mot EUREF, der det for eksempel samarbeides om GNSS referansestasjoner og regionale referanserammer realisert av ITRS og Internasjonal GNSS service (IGS) ([NKG 2023](#)).

Kartverket

Kartverket, har ansvar for det nasjonale geodetiske grunnlaget i Norge, samt alle andre oppgaver som har å gjøre med geografisk eller stedfestet informasjon. Arbeidet gjøres i samarbeid med andre offentlige aktører som har behov for geografisk data. Dette samarbeidet heter *Norge digitalt*.

Kartverket er delt inn i fire divisjoner:

- Land
- Sjø
- Eiendom
- Geodesi

Det er geodesidivisjonen som har ansvaret for det nasjonale geodetiske grunnlaget. Det er de som har ansvaret for å definere, realisere og vedlikeholde nasjonale referanserammer samt å utarbeide standarder knyttet til dette. De har også ansvar for å drifte det geodetiske observatoriet i Ny-Ålesund på Svalbard. Observatoriet er en del av et globalt nettverk av observatorier som samarbeider om å observere jorda. Dette er en viktig del av arbeidet med å realisere både nasjonale og internasjonale referansesystemer ([Kartverket 2023c](#)).

2.3.3 Det internasjonale Celeste referansesystemet og -rammen

Det internasjonale celeste referansesystemet forkortes til ICRS og den internasjonale celeste referanserammen forkortes til ICRF ([Kristiansen 2021](#)). I følge [Store Norske Leksikon \(2021a\)](#) betyr celest himmelsk, eller noe som hører til himmelen, og dette systemet brukes nettopp til å observere himmellegemers posisjoner og bevegelser.

ICRS har vært under utvikling i mange år. Det begynte med stjerne kataloger. Lysklare stjerner, eller fundamentalstjerner som det ofte refereres til, ble målt inn ved bruk av optiske målemetoder, og posisjonene ble beskrevet i en oversikt eller katalog. Den første katalogen vi kjenner til ble fullført i år 129 før vår tidsregning i Hellas. FK5 var den siste referanserammen som baserte seg på stjerner ([Wikipedia 2022a](#)). Den var gjeldene fra 1976 og helt frem til 1997. Fra og med 1988 ble ICRF, basert på ekstragalaktiske radiokilder, tatt i bruk. Denne rammen blir kalt ICRF1, og baserte seg på observasjonen av 1,6 millioner VLBI observasjoner som ble gjennomført mellom 1979 og 1995. Neste realisering er ICRF2. Denne ble tatt i bruk fra 2010 og er basert på 6 millioner VLBI-observasjoner fra perioden 1979 til 2009. Den inneholder hele 3414 radiokilder. I 2019 kom den tredje, og nåværende referanserammen, ICRF3. Denne baseres på posisjonen til 4588 radiokilder ([Kristiansen 2021](#)).

Det er to ulike celeste referansesystemer, et barysentrisk system som forkortes BCRS og et geosentrisk system som forkortes GCRS. BCRS er et romfast system der origo ligger i barysentret, bedre kjent som massemiddepunktet, av vårt solsystem. Det betyr at origo stadig er i bevegelse i og med at solen og planetene også er i bevegelse, se figur 2.7. Origo vil likevel alltid befinne seg i nærheten av solen, grunnet dens enorme masse sammenliknet med planetene. GCRS er et jordfast geosentrisk system, som betyr at origo befinner seg i jordens massemiddepunkt ([Kristiansen 2021](#)).

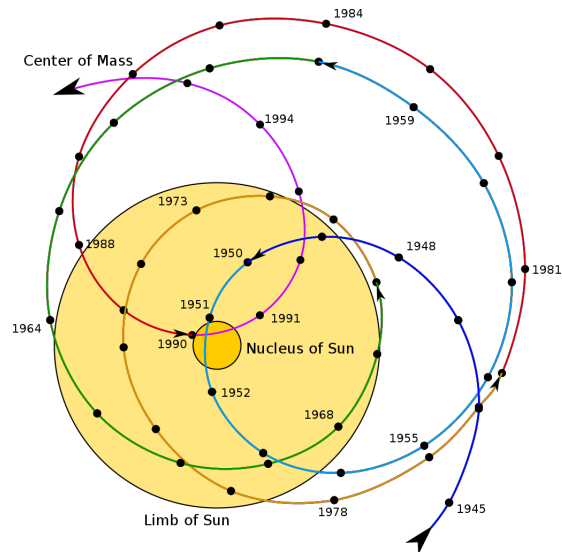


Fig. 2.7: Barysenterets bevegelse i forhold til solen (Wikipedia 2020)

Aksene i koordinatsystemet til ICRS kan bestemmes ut ifra jordens ekvatorplan og ekliptikken. Ekliptikken er det planet som jorden beveger seg i rundt solen. Det kan enklere forstås med at det fra jordens ståsted ser ut til at solen beveger seg i en bane rundt jorden. Denne banen er ekliptikken, se figur 2.8. Det kan også bestemmes ut ifra posisjonene til fjerntliggende himmelobjekter, blant annet kvasarer, gjennom VLBI (Torge & Müller 2012). GCRS benytter førstnevnte metode når askene skal bestemmes, mens BCRS benytter sistnevnte metode (Kristiansen 2021).

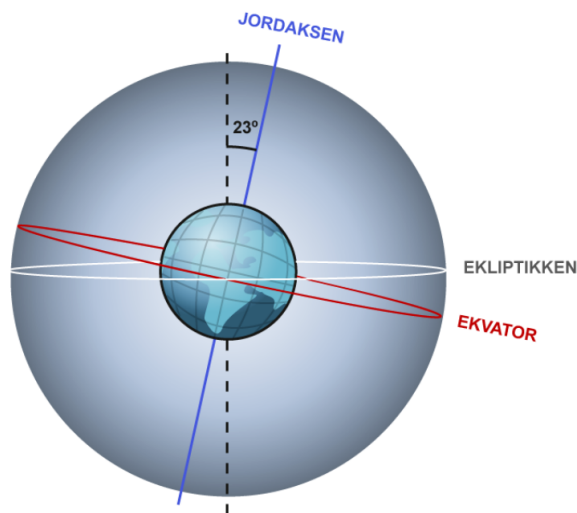


Fig. 2.8: Ekliptikken og ekvator vist i forhold til hverandre (Store norske leksikon 2021b)

Det er ulike bruksområder for GCRS og BCRS. GCRS brukes til å observere posisjonene til satellittene og månen som beveger seg i bane rundt jorda. BCRS brukes til å observere objekter som befinner seg lenger unna. Dette være seg planeter, asteroider, stjerner eller liknende. Det er også mulig å transformere mellom GCRS og BCRS ved behov (Kristiansen 2021).

2.3.4 Det internasjonale Terrestriske referansesystemet og -rammen

Der ICRS benyttes til å observere posisjoner og bevegelse til himmellegemer, benyttes det internasjonale terrestriske referansesystemet (ITRS) til å observere posisjoner og bevegelse til objekter på jordoverflaten. ITRS er et jordfast referansesystem, med en jordfast referanseramme, ITRF. Det benyttes til navigering, kart og oppmåling, samt å monitorere vær, temperaturer, jordens magnetfelt og jordens tyngdefelt. Som nevnt i geodesi-kapittelet 2.2 er jorden stadig i endring, noe som gjør realiseringen av ITRS svært komplisert (Kristiansen 2021).

ITRS sitt koordinatsystem har origo plassert i jordens massemiddepunkt, også kalt geosenter. Referansesystemet blir derfor også referert til som et geosentrisk terrestrisk referansesystem (GTRS). Koordinatsystemet har tre akser, x, y og z, der x og y sammenfaller med jordens ekvatorplan og z sammenfaller med jordens rotasjons-akse som vist i figur 2.8. I tillegg vil x sammenfalle med Greenwich meridianen, slik at koordinatsystemet roterer med jorden, se figur 2.9.

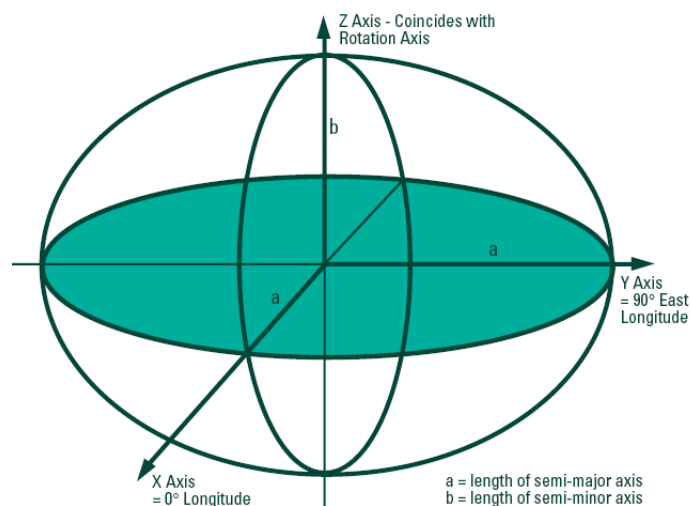


Fig. 2.9: Illustrasjon av hvordan ITRF er lagt opp. Origo ligger i geosenteret. Det grønne feltet viser ekvator, og utgjør planet til x- og y-aksene Geoteam (2022)

ITRS ble realisert for første gang i 1984. Den bygde på observasjoner gjort med VLBI, LLR, SLR og Doppler. Denne realiseringen ble gjennomført av *Bureau International de l'Heure* (BIH). Den første realiseringen som ble gjennomført av IERS var ITRF88. ITRF2020, se figur 2.5, er den siste av totalt 14 realiseringer (ITRF 2023). Alle realiseringene bygger på observasjoner gjennomført med romgeodetiske metoder (Kristiansen 2021).

2.3.5 Den europeiske terrestriske referanserammen

Den europeiske terrestriske referanserammen (ETRF) ble utarbeidet av EUREF og ble tatt i bruk i 1990. På den tiden var ITRS det mest nøyaktige systemet, og EUREF tok derfor utgangspunkt i det da de utarbeidet ETRS. Grunnet tektoniske plater vil koordinatene i Europa flytte seg i ITRS. ETRS henger derfor fast i den eurasiske platen, og på den måten får vi et stabilt og nøyaktig europeisk system. Det ble bestemt at ETRS skulle sammenfalle med ITRS epoke 1989, ETRS er

derfor kjent som ETRS89 (EUREF 2023). Det er flere realiseringer av ETRS, der den første er ETRF89, og siste realiseringen er ETRF14 (Altamimi 2018).

2.3.6 Referanserammer og referansesystemer i Norge

Norge har utarbeidet egne referanserammer. Det er i dag en nasjonal horisontal ramme, EUREF89, og en nasjonal vertikal ramme, NN2000. I tillegg fungerer NGO1948 som en historisk referanseramme. ED50 er en europeisk ramme som ble brukt i Norge frem til EUREF89 overtok kartserien på land og WGS84, en amerikansk referanseramme som gjelder hele jordkloden (Wikipedia 2022c), overtok sjøkartserien (Wikipedia 2023a). Til slutt er det NN1954 som også ble en historisk vertikal referanseramme da NN2000 ble innført. NGO1948, ED50 og NN1954 er ikke lenger i bruk grunnet dårlig nøyaktighet sammenliknet med EUREF89, WGS84 og NN2000 (Skaar et al. 31.01.2023).

NGO1948

NGO er den første referanserammen i Norge, med en historie som startet på slutten av 1700-tallet. NGO1948 er den siste realiseringen. Den baserer seg på vinkel- og avstandsmålinger som utgjør et trekantnett over hele Norge, se figur 2.10. Kravene til NGO1948 krevde at det skulle utvikles et helt nytt grunnlagsnett, og arbeidet med dette startet tilbake i 1906. I 1950 ble utjevningen av målingene på Sør- og Østlandet ferdigstilt. I løpet av 1960-årene ble også Vestlandet og Trøndelag ferdig. Norge skaffet seg avstandsmåler i 1958, og fra og med 1960 ble den tatt i bruk i etableringen av grunnlagsnettet. Det ble også tatt i bruk en datamaskin i beregningsarbeidet fra og med 1964. Grunnlagsnettet i Nord-Norge, som ble ferdigstilt på begynnelsen av 70-tallet, har derfor bedre kvalitet enn det resterende grunnlagsnettet, da det baserer seg på flere avstandsmålinger og bedre beregningsmetoder gjennomført av amerikanske *Army Map Service* (AMS) for ED50 (Skaar et al. 31.01.2023).

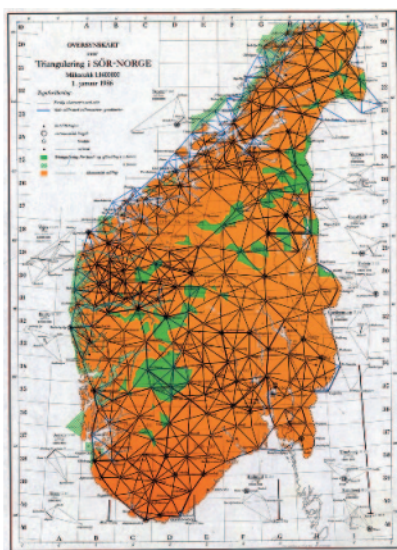


Fig. 2.10: Første ordens grunnlagsnett i den sørlige halvdel an Norge (Harsson & Pettersen 2014)

Europeisk datum

Behovet for et felles europeisk kartgrunnlag oppsto i 1949 da NATO ble etablert. ED50 oppsto da amerikanske AMS utførte en utjevning av landene i Vest-Europa sine første ordens grunnlagsnett. Det ble brukt datamaskiner i utjevningen av ED50, og det var derfor mulig å utjevne større blokker enn det var gjort i NGO1948. AMS utjevnet blant annet hele Skandinavia i en blokk, noe som førte til en mer homogen referanseramme med færre deformasjoner for Norge. ED50 er ikke blitt tatt i bruk som en nasjonal referanseramme på land, men det ble brukt i militær sammenheng og i oljenæringen i Nordsjøen ([Skaar et al. 31.01.2023](#)).

EUREF89

På 90-tallet meldte behovet seg for en ny referanseramme. EUREF hadde da opprettet ETRS89 og Norge bestemte seg for å innføre den norske realiseringen: EUREF89. Til tross for at den heter 89 baserer den seg på ITRF93 ([Skaar et al. 31.01.2023](#)). Norge innførte EUREF89 i 1997 som første land i Europa, og erstattet dermed NGO1948 og ED50. Det var likevel først i 2009 at alle norske kommuner hadde tatt i bruk EUREF89 som sin offisielle referanseramme ([Rød & Mæhlum 2021](#)).

Det ble utviklet et nytt første ordens grunnlagsnett for EUREF89. I perioden 1994 til 1997 ble det gjennomført GNSS-målinger som la grunnlaget for beregningen av et nytt stamnett bestående av 930 punkter i Norge. Nettverket er også knyttet opp mot det europeiske grunnlagsnettet.

EUREF89 er et geosentrisk referansesystem og benytter rotasjonsellipsoiden GRS80, som en modell av jorden. Koordinatsystemet er satt opp på samme måte som i et GTRS ([Rød & Mæhlum 2021](#)).

Normalnull 1954

Normalnull 1954, eller NN1954 som det ofte forkortes, var den offisielle vertikale referanserammen i Norge fra 1956 til 2011. I perioden 2011 til 2018 var det en overgang med to vertikale referanserammer. Fra og med 2018 ble dette en historisk referanseramme ([Kartverket 2021](#)).

Da NN1954 ble etablert ble det opprettet et nettverk av fastmerker som det ble nivellert mellom for å finne høydedifferanser. Målestasjonen i Tregde, som befinner seg helt sør i Norge, ble valgt som utgangspunkt da det er i et område med lite landheving. Nullnivået i NN1954 ble definert ut ifra middelvannstanden ved en rekke målestasjoner plassert langs norskekysten, blant annet Tregde. NN1954 baserte seg på målinger helt tilbake til 1916 uten at det ble påført noen korreksjoner. Det var også mangel på tyngdemålinger. På bakgrunn av dette ble det påført korreksjoner på utjevnedde høyder. Likevel var det deformasjoner grunnet landhevingen allerede da referanserammen ble innført i 1956 ([Skaar et al. 31.01.2023](#)).

I 1996 innførte NKG sin første offisielle geoidmodell. Geoiden er der havnivået teoretisk ville befunnet seg om ikke tidevann, havstrømmer og bølger hadde påvirket vannstand ([Grøn & Kristiansen 2020](#)). Figur 2.3 viser et eksempel på en geoidmodell. Tyngdeakselerasjonen skal også være lik $9,81\text{m/s}^2$ langs med geoidmodellen.

Geoidmodellen fra NKG ble brukt til å omdanne ellipsoidisk høyde, gitt av GNSS, til ortometrisk høyde. Det ble etterhvert brukt justeringspunkter for å tilpasse modellen til den faktis-

ke forskjellen mellom høydene i EUREF89 (ellipsoidisk) og NN1954. Modellen har fått navnet høydereferansemodell, eller bare HREF. Href-modellen ble oppdatert i takt med utviklingen av landsnettet, der den siste, og fortsatt gjeldende modellen for NN1954, fikk navnet Href2008a ([Skaar et al. 31.01.2023](#)).

Normalnull 2000

I dag er Normalnull 2000 (NN2000) den offisielle vertikale referanserammen i Norge. Det er Norges realisering av det europeiske referansesystemet EVRS2000. EVRS2000 tar utgangspunkt i Normaam Amsterdam Peil i Nederland, og knytter sammen observasjoner fra Nederland, Tyskland, Danmark, Polen, Litauen, Latvia, Estland, Finland, Sverige og Norge. Norge var det siste av de nevnte landene til å knytte seg til EVRS2000 ([Mæhlum 2022](#)). Knutepunktene til Sverige og Finland ble benyttet som utgangshøyder og Norge har på den måten fått et felles høydesystem med dem.

Da NN2000 ble innført ble også de ellipsoidiske høydene i EUREF89 oppdatert. På forhånd ble det gjennomført en rekke GNSS-målinger som dannet flere GNSS-vektorer som igjen gjorde forbedringene mulig. NKG hadde også oppdatert geoidmodellen, men da det skulle lages nye href-modeller valgte Kartverket å benytte seg av en de selv hadde beregnet, NMA2013, da den passet bedre til eksisterende justeringspunkter ([Skaar et al. 31.01.2023](#)).

Nåværende Href er Href2018b_NN2000_EUREF89, og den vil være gjeldende frem til det eventuelt oppdages store feil som gjør at den må justeres. I 2016 realiserte NKG en ny kvasigeoidmodell: NKG2015, som viser seg å være enda bedre tilpasset justeringspunktene enn NMA2013. Samtidig er det opp mot 20 cm differanse mellom geoidmodellene langt vekk fra justeringspunktene. Det betyr at høydene i NN2000 kan avvike med 20 cm fra virkeligheten dersom feilen ligger i NMA2013. Det er likevel ikke noe problem ved GNSS-målinger dersom man bruker EUREF89 sammen med Href2018b_NN2000_EUREF89 og sanntidstjenester, da feilen vil være konsistent hele veien. NMA2013 er den underliggende geoidmodell i Href2018b_NN2000.. ([Skaar et al. 31.01.2023](#)).

2.4 Geodetisk grunnlag, kartprojeksjoner og omforming av koordinater

Kartverkets motto er at “Alt skjer et sted”. Det inkluderer også alle bygg- og anleggsprosjekter. For å vite nøyaktig hvor det skjer, så må det georefereres. I denne sammenhengen betyr det at et vilkårlig punkt i prosjektet må være nøyaktig stedfestet med koordinater i minimum to dimensjoner. Bygg- eller anleggsprosjektet i sin helhet vil det være naturlig å stedfeste i tre dimensjoner.

2.4.1 Kartprojeksjoner

En kartprojeksjon er en matematisk metode som brukes for å gjøre om jordkloden til et to-dimensjonalt kart. Kartprojeksjonen vil aldri kunne fortelle hele sannheten, men det gir et forenklet bilde som er tilpasset arbeidsoppgaven som skal utføres. Det finnes i hovedsak tre ulike

typer projeksjoner: plan, sylinder og kjegele, se figur 2.11. De har ulike bruksområder og det er viktig å være bevisst på hva det skal brukes til (Store Norske Leksikon 2021c).

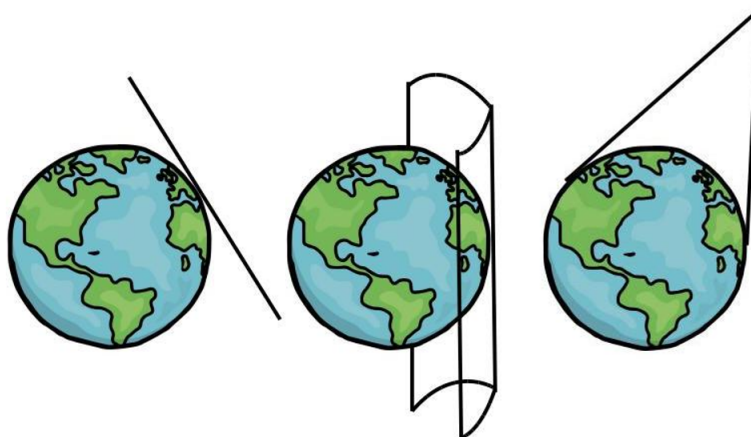


Fig. 2.11: Kartprojeksjoner, plan til venstre, sylinder i midten og kjegele til høyre (Eriksen 2015).

En av de mest kjente projeksjonen er Mercator-projeksjonen. Det er en sylinderprojeksjon der sylindere berører ellipsoiden langs ekvator. Mercator-projeksjonen ble introdusert i 1569, se figur 2.12. Denne projeksjonen egner seg godt til navigasjon, men arealene er deformert. Landarealene blir større og større jo lenger nord eller sør for ekvator man befinner seg på kartet. Det betyr at land som Norge vil fremkomme mye større i en mercatorprojeksjon enn hva som er virkeligheten (Britannica, The Editors of Encyclopaedia 2018).



Fig. 2.12: Mercatorprojeksjonen (Wikipedia 2023c)

Gauss-Krüger-projeksjonen er kartprojeksjonen som er mest brukt til landkart. Den er i likhet med Mercatorprojeksjonen en sylinderprojeksjon, men sylindere heller med 90 grader sammenliknet med en vanlig mercatorprojeksjon. Den er derfor også kjent som transversal mercator projeksjon. Det betyr at sylindere i mercatorprojeksjonen tangerer langs med lengdegradene eller ekvator, mens i Gauss-Krüger-projeksjonen tangerer sylindere langs med breddegradene (Dick 2018), se figur 2.13.

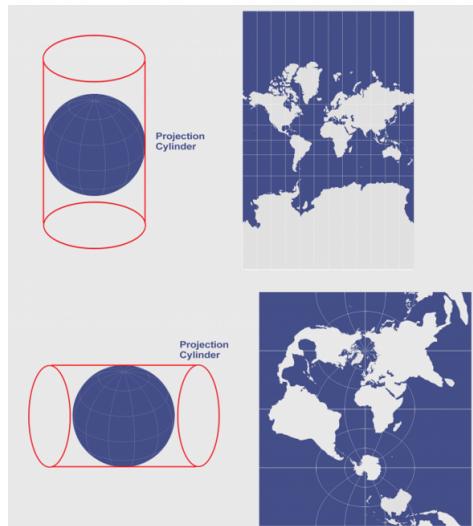


Fig. 2.13: Mercatorprojeksjonen vises i de to øverste figurene, og gauss-Krüger-projeksjonen vises i de to nederste (GISGeography 2022).

I Norge er det referanserammen EUREF89 med kartprojeksjonen UTM som er standarden. I bygg- og anleggsbransjen viste det seg at det var behov for en projeksjon med bedre nøyaktighet, NTM ble derfor introdusert i 2009. Det er også vanlig, spesielt under prosjektering, å benytte seg av lokale koordinatsystemer som defineres i programvaren med en lokal origo innenfor prosjektområde (Kartverket 2023f).

UTM

UTM er en forkortelse for Universal Transversal Mercator, og er en Gauss-Krüger-projeksjon. Det er en global projeksjon som dekker hele jordkloden som figur 2.14 illustrerer. Jorda deles inn i 60 soner, der hver sone har en tangeringsmeridian der sylindren og ellipsoiden berører hverandre. Slik figur 2.14 viser er sonene delt inn med vertikale linjer på kartet. Det er dermed 60 sylindere som brukes til å sette sammen projeksjonen av hele jorda. Sonene er 6 grader brede, og den første sonen starter med en tangeringsmeridianen 3 grader øst for Greenwich, neste er 9 grader øst, deretter 15 grader øst. Siste sylindere tangerer 357 grader øst, eller 3 grader vest, for Greenwich. UTM er i tillegg delt inn i belter. De deles da inn med vertikale linjer på kartet. Det er 19 belter totalt der de fleste er 8 breddegrader. De strekker seg fra 80 grader sør til 84 grader nord, der det siste beltet strekker seg over 12 breddegrader, fra 72 grader nord til 84 grader nord. Fastlands-Norge dekkes av 7 sonebelter: 32V, 33V, 32W, 33W, 34W, 35W og 36W (Mæhlum 2023). I kartleggingsarbeid er det bestemt at det kun er sonene 32, 33 og 35 som skal benyttes (Kartverket 2023f).

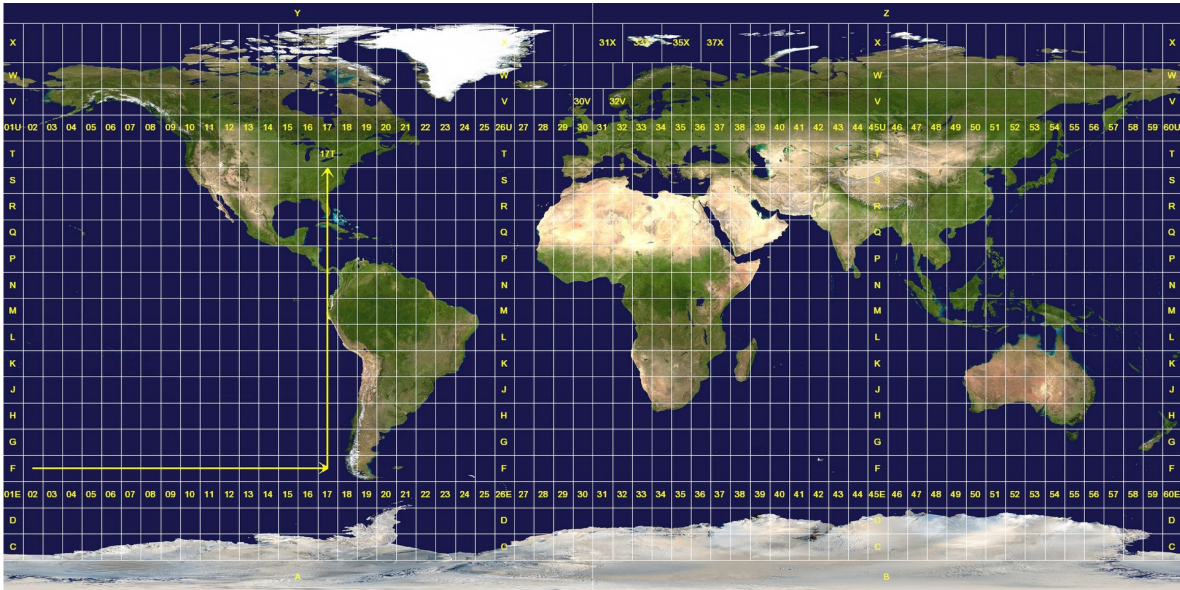


Fig. 2.14: Oversikt over UTM-sonene i verden [Wikipedia \(2016\)](#).

Sonebeltene er i utgangspunktet like over hele verden, men det er gjort to unntak, begge for Norge. Vestlandet er i utgangspunktet dekt av sone 31V, men sone 32 er utvidet vestover til å dekke denne delen. Rundt Svalbard er sonebeltene 32X, 34X og 36X fjernet, samtidig som 31X, 33X og 35X er utvidet til å dekke hele området ([Mæhlum 2023](#)).

Koordinatsystemet i UTM blir angitt med et sonenummer, for eksempel 32V for Sør-Norge, og nord og øst som angis i meter. Origo er skjæringspunktet mellom ekvator og tangeringsmeridianen som tilhører sonen. Siden tangeringsmeridianen ofte befinner seg midt i sonen, blir østverdien til meridianen satt til 500 000 m. På den måten unngår man at østverdier vest for tangeringsmeridianen blir negative ([Kartverket 2023b](#)). UTM har en målestokkfaktor på 0,996 ved tangeringsmeridianen. Dette gir et avvik på ca 4 cm per 100 m litt avhengig av avstanden til meridianen, som figur 2.15 viser. Den største målestokkfeilen i Norge med UTM33 er på 46 cm per 100 m like ved grensa til Russland. UTM brukes i store og mellomstore målestokker, for eksempel 1:50 000 kartserien ([Mæhlum 2023](#)).

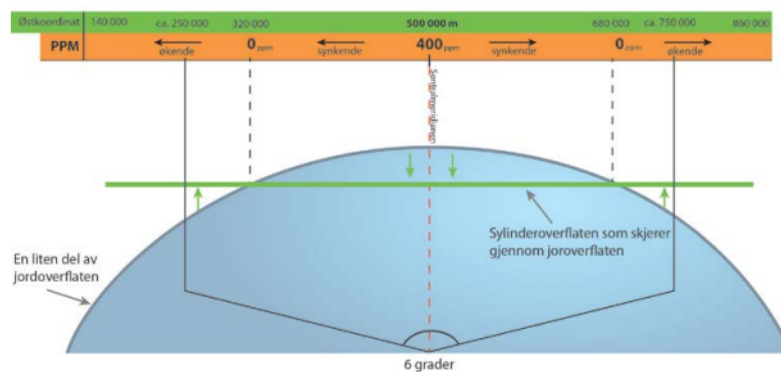


Fig. 2.15: Illustrasjon av hvordan UTM-prosjeksjonen gjennomføres ([Amlien & Gilde 2013](#)).

NTM

Norsk Transversal Mercator er Norges andre offisielle kartprojeksjon. Den er delt inn i 26 soner, fra og med sone 5 til og med sone 30. Figur 2.16 viser hvordan NTM-sonene fordeler seg sammenliknet med UTM-sonene. Hver sone har en bredde på 50 til 60 kilometer. Det tilsvarer strekningen mellom Oslo S og Moss stasjon. Alle sonene er 1 breddegrad med en tangeringsmeridian i midten. NTM har falsk offset i både nord og øst. Nord har en offset på 1 000 000 m og befinner seg ved 58 grader nord, på den måten unngår man veldig høye verdier for nord-koordinatene. Øst har en offset på 100 000 m for å unngå negative koordinater slik det også blir gjort i UTM. Offsettet er også gjort for å unngå å forveksle koordinater i NTM med koordinater i EUREF89 UTM og NGO1948 (Kartverket 2023b).

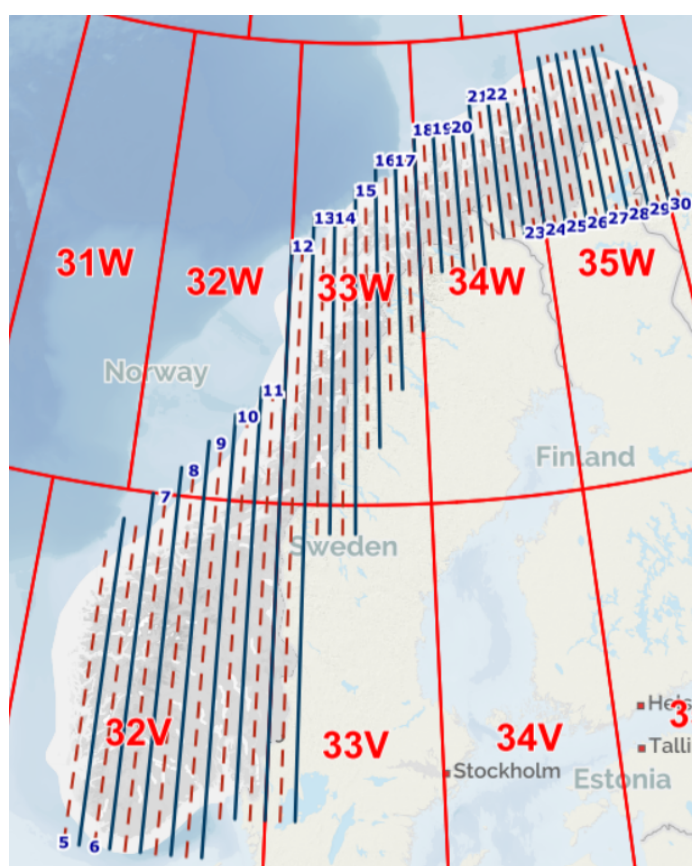


Fig. 2.16: Oversikt over UTM- og NTM-soner som dekker Norge. De røde linjene er grensene til UTM-sonene samt tangeringslinjene til UTM-sonene. De blå linjene er grensene og de stiplede linjene er tangeringsmeridianen til NTM-sonene (Kartverket 2023g).

NTM har en målestokkfaktor på 1. Innenfor én og samme sone gir dette et avvik på 1,1 mm per 100 m, noe som er så lite at man kan se bort fra det, se figur 2.17. Dersom man beveger seg inn i to soner vil avviket bli 2,8 mm per 100 m. Det er likevel lite sammenliknet med UTM. NTM er derfor bedre egnet enn UTM til bruk bygg- og anleggsprosjekter som krever god nøyaktighet (Statens vegvesen 2015).

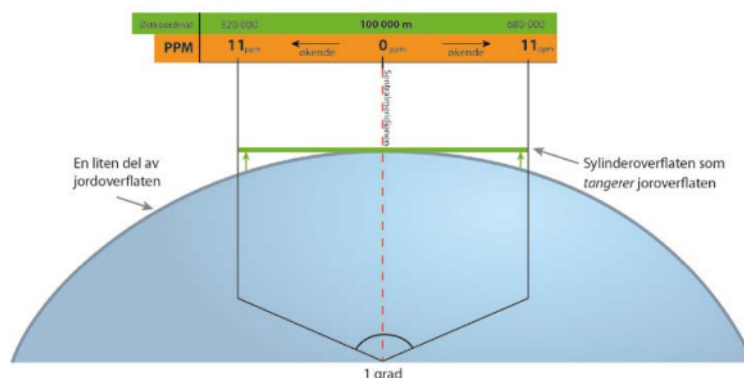


Fig. 2.17: Illustrasjon av hvordan NTM-prosjeksjonen gjennomføres (Amlien & Gilde 2013).

Lokale koordinatsystemer

Mange av programvarene som brukes til 3D-modellering benytter lokale koordinatsystemer. Prosjektet får da et lokalt angitt nullpunkt som befinner seg nede til venstre, eller sør-vest, for prosjektområde. Da vil alle koordinater i prosjektet være positive koordinater. Lokale systemer egner seg ikke ute i felt i og med at det ikke refererer til noe i den virkelige verden. Et lokalt system må derfor ha en definert metode for å omforme koordinatene til et globalt system, UTM eller NTM. Dette kan gjøres ved at origo har kjente koordinater i UTM eller NTM, samt at man har et kontrollpunkt med kjente lokale og globale koordinater som kontrollerer skalering og rotasjon (EBA 2013). Lokale koordinatsystemer blir sett nærmere på i kapittel 3.

2.4.2 EPSG-registeret

EPSG er kort for European Petroleum Survey Group. Det var en forskningsorganisasjon som var knyttet opp mot oljeindustrien i Europa frem til 2005 da den ble nedlagt. De brukte geodesi, landmåling og kartografi under arbeidet med leting etter olje (Wiki.gis 2011). I 1985 ble det satt sammen et register av geodetiske parametre til internt bruk av medlemmene i EPSG. Dette registeret ble offentlig tilgjengelig i 1993. Etter nedleggelsen i 2005 levde dette videre og vedlikeholdes nå av en geomatikk-komité tilhørende *the International association of Oil and Gas Producers* (IOGP). Til tross for at IOGP nå har tatt over eierskapet så er registeret fortsatt kjent som EPSG-registeret (*the Geodesy Subcommittee of the IOGP Geomatics Committee 2022*).

EPSG-registeret består av geodetiske datum, koordinatbaserte referansesystem, ellipsoider, koordinattransformasjoner og måleenheter (Kartverket 2023d). Det har utviklet seg til   være en de facto standard for hele verden, og er ikke lenger aktuell bare i Europa. Hvert objekt har en egen kode bestående av EPSG og deretter et fire- eller femsifret tall. Et eksempel på en kode er EPSG:5950 som gjelder for ETRS89 med NTM sone 10 som horisontalt referansesystem og NN2000 som vertikalt referansesystem (EPSG 2020). Det er også en kode for ETRS89 med NTM sone 10 som horisontalt referansesystem uten et oppgitt vertikalt referansesystem, EPSG:5110 (EPSG 2021).

Objektene kan være sammensatt av horisontale og vertikale referansesystemer, samtidig som det også er koder som angir kun et vertikalt system eller kun et horisontalt system. EPSG-koder har

blitt en vanlig måte å angi hvilket koordinatsystem det jobbes i samt hvilken projeksjon det er. Det brukes også til å definere metoder for omforming av koordinater mellom ulike systemer ([Wikipedia 2023b](#)).

2.4.3 Omforming av koordinater

Å omforme koordinater vil si at man tar utgangspunkt i koordinater i ett koordinatsystem, som man ønsker å flytte over til et annet koordinatsystem. Det kan være én operasjon, eller det kan være sammensatt av flere operasjoner. Det er tre metoder for å omforme koordinater ([Kartverket 2023d](#)):

- Punktbevegelseoperasjon
- Konverterere
- Transformere

Punktbevegelseoperasjon er en nokså enkel metode som kun fungerer innad i samme koordinat-baserte referansesystem (CRS). Det er aktuelt å bruke om en arbeider med en dynamisk referanserammer. Det er referanserammer i bevegelse, som betyr at posisjonen til et målt punkt vil være i bevegelse. Denne operasjonen brukes dersom punktet ved måletidspunktet har forflyttet seg sammenlignet med referansetidspunktet ([Kartverket 2023d](#)).

En konvertering av koordinater gjøres ved bruk av matematiske formler. Det er kun mulig å gjennomføre konvertering mellom koordinatsystemer, referanserammen er det ikke mulig å endre. Man kan konvertere mellom for eksempel grader og radianer eller mellom geosentriske og geodetiske koordinater. Man kan også konvertere mellom UTM og NTM. Dette er aktuelt da stat og kommune krever dokumentasjon i UTM samtidig som det ofte er mest hensiktsmessig og prosjektere BIM i NTM. I kapittel 2.4.5 står det mer om konverteringsmetoder.

Transformasjon er den mest kompliserte metoden med flest feilkilder. Det går ut på at det er to referansesystemer basert på hver sin referanseramme, med punkter der posisjonen er kjent i ett av systemene. En transformasjon flytter koordinatene til punktene fra det ene systemet til det andre systemet ([Kartverket 2023d](#)). Transformasjoner baserer seg ikke kun på formler slik konvertering gjør, men på matematiske modeller og tilpasninger. Modellene har ulik presisjon og det finnes ulike modeller for transformasjon mellom de samme referanserammene. I kapittel 2.4.5 står det mer om transformasjonsmetoder. Det er også ulike modeller for landområder slik at en modell som er laget for Norge ikke nødvendigvis fungerer i Japan. I og med at det baserer seg på tilpasninger og modeller så må man være bevisst på at det kan oppstå avvik etter en transformasjon ([Geodata 2023](#)). Kartverket har standarder for aktuelle transformasjoner i Norge.

2.4.4 Transformasjonsbibliotek

Kartverket har i løpet av sin levetid hatt to transformasjonsbiblioteker, SkTrans og Proj. De kalles transformasjonsbibliotek, men de omformer koordinater ved bruk av alle metodene tidligere nevnt i kapittel 2.4.3. Bibliotekene er utviklet av Kartverket med flere, og vedlikeholdes av Kartverket. Kartverket bidrar med entydige transformasjoner, slik at alle transformasjoner gjennomført med deres transformasjonsbibliotek følger standardene.

SkTrans var det offisielle transformasjonsbiblioteket frem til mars 2022, da Proj ble introdusert. Proj har en åpen kildekode, slik at alle kan gå inn å bygge på koden ([Proj 2023c](#)). Kartverket har utviklet standardkoder for de mest aktuelle transformasjonene som omfatter Norge. De fleste program som har mulighet til å gjennomføre transformasjoner av koordinater, har Proj lagt ved som et tilleggsprogram. På den måten kan brukeren gjennomføre transformasjoner i programvaren med Proj uten at man må lære seg å kode i Proj. Kartverket har også utviklet et eget API, som gjør det mulig å transformere koordinater enkeltvis eller som ei fil med flere punkt. API-et er basert på Proj ([Kartverket 2022b](#)).

Proj

Proj er som nevnt i kapittel [2.4.4](#) en programvare med åpen kildekode. Det er en egen github-mappe dedikert til Proj og utviklingen av den der alle har tilgang til å lese innholdet ([Proj 2023d](#)). Det er også en egen nettside der det er mulig å laste ned ressursfiler knyttet til ulike land og verdensdeler ([Proj 2023e](#)). Kartverket har bidratt i utviklingen av programvaren og tilgjengeligjøring av ressursfiler slik at Proj har blitt brukervennlig i Norge ([Kartverket 2023k](#)).

Proj ble i utgangspunktet skrevet i c, men det er nå gått over til c++ for ny kode som implementeres ([Proj 2023a](#)). Det er likevel ikke slik at man er avhengig av å forstå c eller c++ for å nyttiggjøre seg av proj. Andre plattformer har grensesnitt som gjør det mulig å benytte det. Python er et av programmeringsverktøyene der Proj er tilgjengelig ([Proj 2023b](#)). En metode for bruk er å benytte conda til å laste ned Proj, samt ressursfilene knyttet til område man er interessert i ([Kartverket 2023e](#)). Det er også mulig å laste ned pyproj. Det er et API som til enhver tid har den nyeste versjonen av Proj installert. ([Kartverket 2023h](#))

Proj benytter EPSG-koder for å gjennomføre transformasjoner. Det oppgis en EPSG-kode som det skal transformeres fra, og en EPSG-kode det skal transformeres til. En rekke norske referanserammer og koordinatsystemer er implementert i Proj, se tabell [2.1](#), med muligheten for å transformere mellom dem ([Kartverket 2023j](#)).

Table 2.1: En oversikt over alle tilgjengelige norske referanserammer og koordinatsystemer i Proj ([Kartverket 2023j](#))

Navn ref.rammer	Autoritet	Kode(r)	Merknad
ETRS89 geogr. NN2000	EPSG	5942	Sammensett 2D + 1D
ETRS89 geogr. NN54	EPSG	6144	Sammensett 2D + 1D
ETRS89 2D geogr.	EPSG	4258	
ETRS89 3D geogr.	EPSG	4937	
ETRS89 geosentrisk	EPSG	4936	
ETRS89 UTM 31-36 2D	EPSG	25831-25836	
ETRS89 UTM 31-36 NN54	EPSG	6171-6176	Sammensett 2D + 1D
ETRS89 UTM 31-36 NN2000	EPSG	5971-5976	Sammensett 2D + 1D
ETRS89 NTM 5-30 2D	EPSG	5105-5130	
ETRS89 NTM 5-30 NN54	EPSG	6145-6170	Sammensett 2D + 1D
ETRS89 NTM 5-30 NN2000	EPSG	5945-5970	Sammensett 2D + 1D
NN2000	EPSG	5941	Vertikalt datum. Bruk heller 5942
NN54	EPSG	5776	Vertikalt datum. Bruk heller 6144
ETRS89 geogr. 3D Norway Heights	EPSG	5942	
CD Norway Depths	EPSG	9672	(Sjøkartnull). Bruk heller 9883
ETRS89 geogr. 3D CD Norway	EPSG	9883	Sammensett 2D + 1D
NGO48 geografisk 2D	EPSG	4273	
NGO48 akse I-VIII	EPSG	27391-27398	
ITRF2014 geosentrisk	EPSG	7789	
ITRF2014 geogr. 2D	EPSG	9000	
ITRF2014 geogr. 3D	EPSG	7912	
ED50	EPSG	4230	Under arbeid
ED50 UTM 31-36 2D	EPSG	23031-23036	Under arbeid
SVD2006	EPSG	20000	

Proj har innebygde kommandoer som brukes til å gjennomføre transformasjoner mellom EPSG-koder, men det er også mulig å utvikle egne brukerdefinerte transformasjoner. Da kan man lage en pipeline i python der man definerer variablene selv. [Wikipedia \(2023d\)](#) definerer en pipeline som en rekke med elementer. Elementene kan være prosesser, variabler, funksjoner eller andre komponenter som er en naturlig del av et program. Elementene plasseres i en bestemt rekkefølge der output fra første element blir input i andre element, output i andre element blir input i tredje element, og slik går det til siste element i pipelinen er fullført. Det er innbygde kommandoer som det er mulig å bruke til å definere en transformasjon, og man kan sette sammen flere operasjoner i samme pipeline ([Kartverket 2023a](#)).

I eksempelet illustrert i figur 2.18 vil geografiske koordinater konverteres til kartesiske koordinater ved bruk av GRS80-ellipsoiden. GRS80 er en ellipsoidisk modell av jorden som brukes av blant annet EUREF89. Deretter vil det translasiere koordinatene med Helmert og vektoren gitt av (x,y,z). Til slutt vil den konvertere tilbake til geografiske koordinater ved å bruke inverse ([Kartverket 2023a](#)).

```
cct +proj=pipeline
+step +proj=cart +ellps=GRS80
+step +proj=helmert +x=3000 +y=1000 +z=2000
+step +proj=cart +ellps=GRS80 +inv
```

Fig. 2.18: Eksempel på en pipeline der Proj brukes til omforming av koordinater ([Kartverket 2023a](#)).

Når det kommer til programmering av Proj, er det allerede andre som har gjort mye. De fleste referanserammer og koordinatsystemer som er aktuelle i Norge er implementert i Proj. Det er også definert metoder for omforming av koordinater som bygger på matematiske metoder som utforskes videre i kapittel 2.4.5. Ut fra dette er det mulig å utvikle en egen kode for omforming av koordinater der EPSG-koder benyttes for å angi referanserammer og koordinatsystem, og innebygde kommandoer benyttes for å angi metode, som vist i figur 2.18. I og med at det er åpen kildekode så er det også mulig å finne ferdig programmer for omforming av koordinater ut over dette. Kartverket samt tilsvarende organisasjoner i andre nordiske land er eksempler på noen som har bidratt i utviklingen av ferdig programmer for omforming av koordinater mellom gitte referanserammer og koordinatsystemer som er aktuelle for Norden. Fordelen med det Kartverket har programmert er at det er entydige transformasjoner, mellom referansesystemer og -rammer brukt i Norge, som følger standardverket. Da er det i utgangspunktet ikke nødvendig for brukeren å ha noe kunnskap om Proj ut over hvordan API-et fungerer. Standardverket som definerer konvesjonene Proj følger er forøvrig ISO19111 ([Kartverket 2023d](#)).

2.4.5 Metoder for omforming av koordinater

Det er flere tilgjengelige metoder for omforming av koordinater. Valg av metode avhenger av hva hensikten er samt hva man er ute etter som et resultat av operasjonen. Transformasjonsbiblioteket Proj har en oversikt over alle metoder som er tilgjengelig i programvaren i sin dokumentasjon ([Proj contributors 2023](#)). Som nevnt er det viktig å være oppmerksom på at Proj refereres til som et transformasjonsbibliotek, men transformasjoner er ikke den eneste tilgjengelige metoden for omforming av koordinater i nevnte bibliotek.

Det er fem metoder for å konvertere koordinater som benyttes av Proj ([Proj contributors 2023](#)):

- **Axisswap:**
Denne metoden bytter om på aksene slik at en vektor med (x,y,z) kan endres til blant annet (z,y,x) .
- **Geodetisk til geosentrisk kartesisk:**
Denne metoden konverterer fra geodetiske- til kartesiske koordinater.
- **Geosentrisk lengdegrad:**
Denne metoden konverterer fra geodetisk lengdegrad til geosentrisk lengdegrad.
- **Geosentrisk til toposentrisk:**
Denne metoden konverterer fra geosentriske- til toposentriske koordinater. Det er også kjent som *earth centered eart fixed* (ECEF) til *east north up* (ENU), eventuelt NEU.

- **Konvertering av enheter:**

Metoden konverterer mellom ulike enheter som for eksempel fra meter til fot.

Det er også mulig å konvertere til projeksjoner, og i Norge er det tre metoder som er aktuelle ([Kartverket 2023a](#)):

- **UTM:**

Denne metoden konverterer fra geografiske koordinater til UTM-soner. Konverteringen er avhengig av ellipsoide-modellen, det er derfor viktig å være bevisst på hvilken ellipsoide man benytter seg av.

- **tmerc:**

Tmerc står for Transversal Mercator-projeksjon, og metoden går ut på at du i Proj kan konvertere fra geografiske koordinater til en definert transversal Mercator-projeksjon. Det kan for eksempel være NGO1948.

- **merc:**

Merc, fungerer på samme måte som tmerc, men er kort for Mercator-projeksjon. Et eksempel på det er WGS84 som er projeksjonen GPS bruker.

Det er fjorten ulike transformasjonsmetoder implementert i Proj ([Proj contributors 2023](#)):

- **Affine transformasjon:**

Affine transformasjon kan transludere, skalere og/eller rotere (x,y,z) samt skalere tidskomponenten.

- **Helmert-transformasjon:**

Helmert brukes til å endre koordinater fra en referanseramme til en annen. Denne transformasjonsmetoden fungerer i 2D, 3D og 4D. Da benyttes 3-, 4- eller 7-parameters shift ettersom hvor mange dimensjoner som skal endres. Dersom det er en dynamisk referanseramme, vil det være 6-, 8-, eller 14-parametre. Helmert-transformasjon brukes til kartesiske koordinater og kan transformere mellom to statiske referanserammer, en statisk og en dynamisk referanseramme, eller to dynamiske referanserammer. Det er også mulig å transformere mellom globale og lokale referanserammer.

Ved bruk av Helmert-transformasjon er det to konvensjoner for rotasjon: koordinatramme-metoden og vektorposisjon-metoden. Førstnevnte roterer først for så å transludere, mens sistnevnte transluderer først for så å rotere. koordinatramme-metoden sies å rotere med klokken og vektorposisjon-metoden roterer mot klokken. Metodene brukes om hverandre, og det er ingen formening om at en er bedre sammenliknet med den andre.

2D er den enkleste versjonen av Helmert, der man gjør endringer i horisontalplanet (x,y). Det er da mulig å transformere, rotere og skalere x- og y-koordinatene.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}^B = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} + s \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}^A \quad (2.1)$$

For dynamisk transformasjon må også tidsparameteren inkluderes, utenom det er formelen lik som for en statisk transformasjon

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}^B = \begin{bmatrix} \dot{T}_x \\ \dot{T}_y \end{bmatrix} + s(t) \begin{bmatrix} \cos \dot{\theta} & \sin \dot{\theta} \\ -\sin \dot{\theta} & \cos \dot{\theta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}^A \quad (2.2)$$

θ bestemmer rotasjon og s bestemmer skaleringen.

3D Helmert er generelt gitt ved formelen:

$$V^B = T(1 + s \times 10^{-6}) \mathbf{R}V^A \quad (2.3)$$

T er translasjonsvektoren, s er skaleringen, R er en rotasjonsmatrise, V^A er input-koordinatene og V^B er output-koordinatene. R består av tre rotasjonsmatriser, R_x , R_y og R_z

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos R_x & -\sin R_x \\ 0 & \sin R_x & \cos R_x \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos R_y & 0 & \sin R_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin R_y & 0 & \cos R_y \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

$$R_z = \begin{bmatrix} \cos R_z & -\sin R_z & 0 \\ \sin R_z & \cos R_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Verdien av komponentene i matrisen avhenger av om rotasjonen er med eller mot klokka.

Rotasjon med klokka gir $R_x = -\text{radianer}(rx)$, $R_y = -\text{radianer}(ry)$ og $R_z = -\text{radianer}(rz)$.

Rotasjon mot klokka gir $R_x = \text{radianer}(rx)$, $R_y = \text{radianer}(ry)$ og $R_z = \text{radianer}(rz)$

R-matrisene kan slås sammen ved eksempelvis $R = R_x R_y R_z$ og ser da slik ut:

$$R = \begin{bmatrix} \cos R_y \cos R_z & -\cos R_x \cos R_z + \sin R_x \sin R_z + \sin R_x \sin R_y \cos R_z & \sin R_x \sin R_z + \cos R_x \sin R_y \cos R_z \\ \cos R_y \sin R_z & \cos R_x \cos R_z + \sin R_x \sin R_y \sin R_z & -\sin R_x \cos R_z + \cos R_x \sin R_y \sin R_z \\ -\sin R_y & \sin R_x \cos R_y & \cos R_x \cos R_y \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Matrisen forenkles gjerne fordi diagonalen går mot 1 ved små verdier i R_x , R_y og R_z . Dette er mulig fordi cosinus til 0 er 1 samtidig som sinus av en veldig liten verdi blir den nevnte verdien.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & -R_z & R_y \\ R_z & 1 & -R_x \\ -R_y & R_x & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

En Helmert transformasjon vil da se slik ut:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^B = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + (1 + s \times 10^{-6}) \begin{bmatrix} 1 & -R_z & R_y \\ R_z & 1 & -R_x \\ -R_y & R_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^A \quad (2.9)$$

Dette er den vanligste versjonen av Helmert for statisk transformasjon. For dynamisk transformasjon må også tidskomponenten inkluderes slik at formelen blir:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^B = \begin{bmatrix} \dot{T}_x \\ \dot{T}_y \\ \dot{T}_z \end{bmatrix} + (1 + \dot{s} \times 10^{-6}) \begin{bmatrix} 1 & -\dot{R}_z & \dot{R}_y \\ \dot{R}_z & 1 & -\dot{R}_x \\ -\dot{R}_y & \dot{R}_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^A \quad (2.10)$$

Det er også mulig å gjennomføre transformasjonen uten å rotere. Den statiske formelen er da som følger:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^B = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^A \quad (2.11)$$

Og dynamisk formel er:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^B = \begin{bmatrix} \dot{T}_x \\ \dot{T}_y \\ \dot{T}_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^A \quad (2.12)$$

- **Tin-basert transformasjon:**

Denne metoden er avhengig av en eksisterende fil som inneholder en triangulering av område. Den brukes til å transformere koordinater som er geografiske eller projeksjoner i horisontalplanet, vertikalplanet eller begge samtidig. Denne metoden brukes til å transformere mellom NGO1948 og ETRS89 for Norge i Proj.

- **Vertikal grid shift:**

Denne metoden benytter kjente vertikale grid til å påføre geodetiske koordinater en offset. Det er for eksempel mulig å transformere mellom ellipsoide- og geoidmodell.

- **Geosentrisk grid shift:**

Denne metoden korrigerer geosentriske koordinater ved bruk av en bilinear interpolasjon i x, y og z. Denne metoden inngår i den norske transformasjonen mellom ETRS89 og ITRF2014

Kapittel 3: Standarder for georeferering av BIM

BIM er sterkt regulert av standarder, både nasjonale og internasjonale. Standarden som i hovedsak tar for seg BIM heter *ISO 19650* og er en internasjonal standard. Standarden refereres også til som NS-EN ISO da den også fungerer som en standard i Norge (NS) og England (EN). ISO 19650 gjør det mulig å utveksle BIM over landegrensene, og gjør samarbeid mellom aktører enklere. Det er likevel en viktig del av BIM den ikke regulerer: georeferering ([Standard Norge 2022](#)). En annen internasjonal standard: ISO 19166, definerer forholdet mellom BIM og geografiske informasjonsmodeller (GIS), men den gir ikke et rammeverk for hvordan de skal brukes sammen. Det er en komplisert oppgave å integrere BIM og GIS, og det kan oppstå uforutsette problemer avhengig av programvare og modeller. Målet er at det skal utarbeides en standard for integrasjon, men foreløpig har det ikke blitt gjort ([ISO/TC 211 2021](#)).

Georeferering er en komplisert del av BIM både under prosjektering og under bygging. Det er derfor opprettet egne standarder, manualer og veiledere både nasjonalt og internasjonalt for georeferering. ISO har en egen geomatikk-komité som jobber med standarder internasjonalt ([ISO/TC 211 2023](#)). Norge har aktører med i dette arbeidet, og det er derfor naturlig at de norske standardene tar utgangspunkt i de internasjonale.

Det er i hovedsak tre ulike standarder innenfor bransjen ([Kartverket 2019](#)):

- **Formell standard**

Det er standarder som ISO og NS som er utarbeidet og godkjent av formelle instanser.

- **Industristandard**

De har blitt standarder fordi veldig mange bruker dem. Det er ikke lovpålagt å bruke dem, men det er hensiktsmessig.

- **Spesialtilfellet ”halvåpen standard”**

Open Geospatial Consortium (OGC) er en frivillig organisasjon som jobber med blant annet standardisering av kartdata. Eksempler på aktuelle spesifikasjoner de er ansvarlige for er:

- *Web Map Service* (WMS)
- *Web Feature Service* (WFS)
- *Geography Markup Language* (GML)

Alle nevnte spesifikasjoner er opprettet for å kunne utveksle informasjon uavhengig av programvare ([Wikipedia 2021](#)).

I 2018 skrev C. Clemen og H. Görne fra Universitetet i Dresden en artikkel som tok for seg georeferering av BIM ved bruk av IFC, se kapittel 4.3 og figur 3.1. De kom frem til ulike nivåer av georeferering der man kan velge nivå ut ifra behov og ressurser. De kom frem til 6 nivåer, fra LoGeoRef10 (level of georeferencing) til LoGeoRef60 (Clemen & Görne 2019):

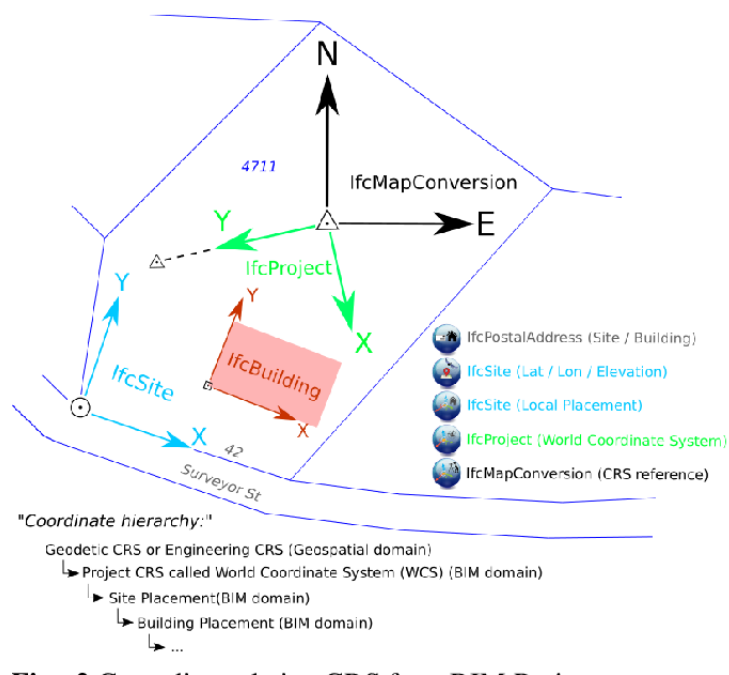


Fig. 3.1: Georeferering ved bruk av IFC (Clemen & Görne 2019)

- **LoGeoRef10**

Dette er den enkleste måten å georeferere. Lokasjonen beskrives ved hjelp av en adresse, se figur 3.2. Det er enkelt å lese for både mennesker og maskiner.



Fig. 3.2: Georeferering ved bruk av LoGeoRef10 (Clemen & Roxin 2020).

- **LoGeoRef20**

På dette nivået lagres posisjonen ved hjelp av lengde- og breddegrader. Det er også mulig å definere høyde ut ifra et lokalt datum, se figur 3.3.



Fig. 3.3: Georeferering ved bruk av LoGeoRef20 (Clemen & Roxin 2020).

- **LoGeoRef30**

Dette nivået gjør det mulig å lagre posisjonen hos vært enkelt objekt forutsatt at plasseringen er uavhengig av andre objekter, se figur 3.4.



Fig. 3.4: Georeferering ved bruk av LoGeoRef30 (Clemen & Roxin 2020).

- **LoGeoRef40**

Her lagres posisjonen både ved hjelp av et koordinatsystem, og ved at sann nord (True North) angis, se figur 3.5.



Fig. 3.5: Georeferering ved bruk av LoGeoRef40 (Clemen & Roxin 2020).

- **LoGeoRef50**

LoGeoRef50 er det høyeste nivået vi kan georeferere enn så lenge. Dette nivået gjør det mulig å konvertere mellom prosjektets koordinatsystem og globalt koordinatsystem, se figur 3.6.



Fig. 3.6: Georeferering ved bruk av LoGeoRef50 (Clemen & Roxin 2020).

- **LoGeoRef60**

Dette er enn så lenge et skisert nivå, som ikke er mulig å oppnå med dagens IFC-format. Nivået går ut på at man skal kunne gjennomføre transformasjoner mellom tre forskjellige koordinatsystemer i et prosjekt.

3.1 Internasjonale standarder

Formelle internasjonale standarder utarbeides av ISO som er en forkortelse for *International Organization for Standardization*. Det er en uavhengig organisasjon som bygger på frivillig arbeid. ISO ble etablert i 1947, og i dag er det 168 medlemmer fordelt på like mange land. De har etablert 24 754 standarder som tar for seg teknologi, ledelse og produksjon. ISO-standarder er tilgjengelig for alle, men de befinner seg bak en betalingsmur (ISO 2023a).

ISO er delt inn i ulike komitéer som jobber med ulike oppgaver. komitéen som jobber med geometri og geografisk informasjon heter ISO/TC 211 og ble opprettet i 1994. De har publisert til sammen 91 standarder, samtidig som det er ytterligere 25 standarder under arbeid (ISO 2023b). Det er først og fremst fem standarder som er relevante for georeferering av BIM: ISO 19111, ISO 19112, ISO 19115-1, ISO 19127 og ISO 19162. Den førstnevnte, ISO 19111 Geographic information - Referencing by coordinates, er den viktigste i denne sammenhengen.

ISO 19111 angir minimum data som kreves for å definere et referansesystem. Det kan være statisk-, dynamisk-, parametrisk-, tidsbasert-referansesystem eller en sammensetning av alle. Det er også utarbeidet en manual som forklarer hvordan man gjennomfører ulike operasjoner knyttet til referansesystemene, som å angi koordinater for et punkt, eller å transformere mellom referansesystemer (ISO 2019). Kartverket har formulert en egen versjon av ISO 19111 med navn *Koordinatbaserte referansesystemer*. Dette er én av flere standarder for oppmåling, landmåling og geodesi. De tar for seg mye av det samme som de internasjonale standardene, men de utarbeidet spesielt for norske forhold (Kartverket 2023i).

3.1.1 Open Geospatial Consortium

Open Geospatial Consortium (OGC) er et felleskap av eksperter som jobber for å forbedre tilgangen til geodata og geografisk informasjon. Det er en nøytral organisasjon som åpner opp for muligheten til å samarbeide for konkurrenter innen samme fagfelt. Det er et forum som samler

land, industrier, frivillige organisasjoner og akademia til samarbeid om felles standarder og arbeidsmetoder. Kartverket og NMBU er to av totalt syv medlemmer fra Norge (Karge & Onstein 2019). Målet deres er at geodata og geografisk informasjon skal være FAIR, *Findable, Accessible, Interoperable* og *Reusable* (OGC 2023a).

OGC er delt inn i fire hovedkomitéer:

- Technical Committee (TC)
- Executive Planning Committee (EPC)
- OGC Architecture Board (OAB)
- Strategic Member Advisory Committee (SMAC)

Det er de tekniske komitéene (TC) som jobber med utviklingen av standarder. Komitéen deles igjen inn i tre grupper OGC (2023b):

- **Standards Working Groups:**
Dette er grupper som jobber med utvikling og revidering av standarder.
- **Domain Working Groups:**
Dette er grupper som jobber med teknologi å sørger for at standarder og teknologi er kompatible.
- **Subcommittees:**
Dette er grupper som kommer med anbefalinger til TC eller EPC om spesifikke temaer.

OGC har ikke utarbeidet noen standarder i forbindelse med BIM til nå, men det er prosjekter under arbeid som vil forenkle samarbeidet mellom geodata og BIM. Et initiativ kalles *Integrated Digital Built Environment* og er et prosjekt som ser på hvordan BIM og geodata jobber sammen ved bruk av case-studier (OGC 2023d). Et prosjekt som har som mål å utvide BIM-standardene er *Geotech Interoperability Experiment*. Der jobbes det med å forbedre kompatibiliteten mellom BIM og GIS. Når et bygg- eller anleggsprosjekt skal planlegges for gjennomføring er det store datamengder og mange dokumenter som produseres. Da er det enklere å samle alt i en felles database slik at alle kan finne det. Det enkleste hadde da vært om dette kunne lagres i en BIM. En utfordring er at GIS- og BIM-programvarer snakker dårlig sammen. På bakgrunn av det er det mye data med geografisk informasjon som ikke kan overføres til, og implementeres i, en BIM. Det er noe OGC ønsker å gjøre noe med (OGC 2023c).

3.2 Norske standarder og veiledere

Det er Kartverket som er ansvarlige for standarder knyttet til geografisk informasjon i Norge. I denne rapporten er det fagfeltet oppmåling, landmåling og geodesi som er relevant. For øyeblikket er det åtte standarder knyttet til dette fagfeltet, men det er en ny standard som trolig publiseres i løpet av 2023 (Kartverket 2023i). To av de eksisterende standardene vil bli samlet i den nye standarden (Kartverket 2023d). *Standard Norge* er ansvarlig for distribusjon og markedsføring av norske standarder, i tillegg til at de jobber med utvikling og vedlikehold av standarder. De

publiserer også de norske versjonene av ISO standardene som ble nevnt tidligere ([Standard Norge 2023](#)).

I tillegg til standarder er det flere av aktørene i bygg- og anleggsbransjen som har utarbeidet veiledere for bruk av BIM som blant annet setter krav til georeferering. Det er gjerne større byggherrer som Statsbygg, som ønsker at det skal være en felles metode som benyttes i alle deres prosjekter. Veilederen kan også være prosjektbasert der den tilpasses det enkelte prosjekt. Om det er tilfelle vil man ta utgangspunkt i en mal der krav og metoder fylles inn underveis. Målet med alle BIM-veiledere er først og fremst at alle som jobber med samme prosjekt har en felles veileder de jobber ut fra slik at prosjektet er konsistent.

3.2.1 Norsk Standard

Standard Norge (NS) har gitt ut standarden NS3580:2015 *Bygg- og anleggsnett - Ansvarsfordeling, kvalitetskrav og metoder*. Den definerer kravene til etablering av bygg- og anleggsnett, stikking og maskinstyring innenfor et prosjektområde. Standarden gjelder gjennom hele prosessen, fra prosjektering til ferdigstillelse, der den tar for seg prosjektering, utførelse og kontroll. Standarden stiller krav til nøyaktighet og sikrer at toleransekrav for aktuelle oppgaver tilfredsstilles ([Standard Norge 2015](#)).

3.2.2 Kartverkets standarder

Kartverkets aktuelle standarder for denne rapporten er *Geodetisk grunnlag – koordinatbaserte referansesystemer og kvalitetssikring av grunnlagspunkt 1.0* og *Norges offisielle høydesystemer og referansenivåer, versjon 2.1 (2009)*. Førstnevnte er en høringsversjon og ikke en vedtatt standard ved tidspunkt for levering av denne rapporten. Standarden baserer seg på to tidligere standarder, *Koordinatbaserte referansesystemer, versjon 2.1 (2009)* og *Grunnlagsnett, versjon 1.1 (2009)* som begge er gjeldene ved nåværende tidspunkt, samt tilsvarende internasjonale standarder der det er aktuelt ([Kartverket 2023i](#)).

Geodetisk grunnlag – koordinatbaserte referansesystemer og kvalitetssikring av grunnlagspunkt 1.0

Denne standarden gjør en særdeles viktig jobb der den definerer ord, uttrykk og forkortelser som er mye brukt når det kommer til georeferering, referansesystemer og referanserammer. Det er spesielt et uttrykk som er nevnt flere ganger i denne oppgaven, lokal referanseramme, der også lokalt datum, ingeniørdatum og anleggsdatum har nøyaktig samme betydning. Det er i overkant av 90 ord og uttrykk som blir definert i denne standarden, noe som bidrar til at misforståelser blir unngått.

All stedfestet informasjon krever referanserammer og koordinatsystem for å vite nøyaktig posisjon [2.3](#). Norge er, som medlemsland i EØS, pålagt å bruke ETRS89 som offisielt referansesystem. I Norge brukes da den norske realiseringa EUREF89. Det betyr ikke at man ikke har lov til å bruke andre referanserammer, men man kan kreve at leveransen skal være i EUREF89 og offentlige aktører må ha mulighet til å tilby data i EUREF89. Det er da projeksjonen UTM sone 32, 33 eller 35 som skal benyttes avhengig av hvor man befinner seg. Dersom det er landsdekkende kartdata så

er det sone 33 som gjelder. I bygg- og anleggsbransjen er kartprojeksjonen NTM også et alternativ. Det er bred enighet om å benytte NTM i bygg- og anleggsprosjekter, likevel må all kartdata som leveres til offentlig forvaltning være i UTM ([Kartverket 2023d](#)).

Norges offisielle høydesystemer og referansenivåer

Denne standarden ble sist revidert i 2009 og er derfor ikke helt oppdatert når det kommer til NN2000. Den benytter NN1954 i mange av forklaringene og eksemplene som kan være noe utdatert. Prinsippet er likevel det samme og standarden er derfor fortsatt relevant. I likhet med overnevnte standard gir denne standarden også en definisjon av mye brukte ord og uttrykk som er viktig å ha med seg for å forstå innholdet ([Harsson et al. 2009](#)).

3.2.3 BIM-veiledere

Flere aktører har utarbeidet BIM-veiledere. Det er ofte byggherrer som ønsker at BIM-leveransene skal følge en standard slik at det blir lettere for dem og håndtere samtidig som leveransen inneholder alt de selv ser på som nødvendig. *Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg* (EBA) har også utviklet en egen standard for å forenkle jobben med BIM for deres medlemmer. Georeferering er som oftest en del av veilederne, og i tabell 3.1 blir standarder for georeferering i veilederne sammenliknet med hverandre, og med geodesistandarden til kartverket der den er relevant. Veilederne blir gått nærmere inn på i påfølgende delkapitler.

Table 3.1: Sammenlikning av standarder for georeferering i BIM-veiledere

BIM-Manual		Geodesistandarden - Kartverket	SIMBA	Trondheim kommune	Bergen kommune	Nordre Følge kommune	Halden kommune	Undervisningsbygg Oslo kommune	EBA	Vegvesenet V770
Utgitt		2023	2022	2019	2022	ukjent	2019	2020	2018	2015
Ord og uttrykk	Origo i lokalt koordinatsystem	referansepunkt	Prosjektnullpunkt	Nullpunkt	nullpunkt	Nullpunkt (prosjektnull)	nullpunkt	Nullpunkt	Samhandlingspunkt (origo)	-
Ord og uttrykk	True north	-	True north	Sann nord	Sann nord	Ekte nord	True north	Ekte nord	Faktisk nord	
Referanseramme og prosjeksjon		-	EUREF89 NTM NN2000	EUREF89 UTM sone 32 NN 2000	NTM NN2000	EUREF89 NTM eller UTM sone 32	EUREF89 NTM eller UTM	NTM NN2000	EUREF89 NTM NN2000	EUREF89 NTM NN2000
Rotasjon i forhold til sann nord	Tillatt eller ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt, kan gjøre unntak men det er sjeldent	Ikke tillatt	Tillatt i modellering. I eksporterte filer er ikke rotasjon tillatt	-	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Tillatt	Ikke tillatt
Benytter lokalt koordinatsystem i programvare		-	ja	ja	ja	-	ja	ja	ja	-
Krav til bruk av IFC		-	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nei
Referansepunkt og kontrollpunkt		-	Nullpunkt fungerer som referansepunkt. Ikke krav til kontrollpunkt	Nullpunkt fungerer som referansepunkt. Ikke krav til kontrollpunkt	Nullpunkt fungerer som referansepunkt. Ved behov defineres et kontrollpunkt	Nullpunkt fungerer som referansepunkt. Ikke krav til kontrollpunkt	Nullpunkt fungerer som referansepunkt. Ikke krav til kontrollpunkt	Nullpunkt fungerer som referansepunkt. Ved behov kan det opprettes flere nullpunkt med referanse til globale koordinatsystem	Nullpunkt fungerer som referansepunkt. Plasseres i nedre venstre hjørne (sør-vest). Et kontrollpunkt skal plasseres i øvre høyre hjørne (nord-øst), motsatt av nullpunktet.	-
Ansvarlig for valg av kartgrunnlag og utplassering av prosjektnull		-	-	Vanligvis arkitekt	Avtales fra prosjekt til prosjekt	-	Arkitekt	-	Arkitekt	-

3.2.4 Statsbyggs veileder, SIMBA

Statsbygg er den norske stats rådgiver innen bygg- og eiendomssaker. De fungerer som byggherre, eiendomsutvikler og eiendomsforvalter for staten ([Regjeringen 2023](#)). Statsbygg har ca. 100 aktive prosjekter til enhver tid, og har i overkant av 2300 bygninger de forvalter i både inn- og utland ([Statsbygg 2023b](#)). BIM er derfor viktig i deres hverdag da det gjør jobben enklere. Tilbake i 2011 begynte Statsbygg å stille krav til bruk av BIM i sine prosjekter, og har siden den gang utviklet veiledere og manualer med krav til BIM-leveransene ([Statsbygg 2023a](#)).

Kravsettet utviklet av Statsbygg har fått navnet SIMBA. Det er totalt fem versjoner, der fire av dem fortsatt er gjeldene. SIMBA 2.1 er siste versjon, og gjelder for alle prosjekter fra og med 1. juli 2022. I tillegg er det en versjon som heter SIMBA X som er et kravsett for modellering av eksisterende bygg. Den har vært gjeldende fra 1. mars 2021. Alle versjonene er en videreutvikling av versjonen som kom før dem, der eksisterende krav ikke nødvendigvis er endret, men behovet for flere krav har oppstått. I SIMBA 2.1 er kravene fra SIMBA 2.0 uendret, men det er blant annet lagt til krav for innretningsarkitekt da man så et behov for dette ([Statsbygg 2023a](#)).

SIMBA 2.1 består av 4 deler:

1. En kravdatabase som er maskinvaliderbar.
2. En kravdatabase som er Ikke-maskinvaliderbar, men i stedet beskrevet i et Excel-dokument.
3. Et PDF-dokument med veiledning til kravene.
4. Et PDF-dokument for detaljeringsgrad som beskriver kravene til geometrisk detaljeringsgrad for objekter, og et Word-dokument med prosjektmilepæler for de ulike detaljeringsgradene.

Kravene til georeferering tas opp i de generelle kravene. Det er 4 krav som knyttes til georeferering, i tillegg til at flere av kravene tar opp hvor viktig det er at IFC brukes som utvekslingsformat, og at alle programvarer som benyttes må støtte import, samhandling og eksport av IFC ([Statsbygg 2022](#)).

- **G5 - Prosjektnullpunkt:**

Dette gjelder når det benyttes lokale koordinatsystemer i modellene som prosjekteres. Det skal være ett tydelig definert nullpunkt som bli kommunisert til alle involverte aktører. Det skal også ha en entydig referanse til avtalt globalt referansesystem. Det anbefales at nullpunktet plasseres sørvest for bygningsmassen, og at det gjerne kan sammenfalle med et grid-punkt til det avtalte globale koordinatsystemet.

- **G6 - Rotasjon:**

Som hovedregel skal ikke BIM roteres i forhold til kartgrunnlaget. Det betyr at y-aksen i modellen skal sammenfalle med sann nord på kartet. Det kan gjøres unntak om det blir sett på som strengt nødvendig, men dette må godkjennes av statsbygg. Aktøren som etablerer rotasjonen vil da stå ansvarlig for eventuelle feil og må ta konsekvensene av dette.

- **G7 - Georeferering, EPSG-koder:** Dersom ikke annet avtales skal alle statsbyggs prosjekter benytte følgende for georeferering av prosjektnullpunkt:

- Geodetisk/horisontalt datum: Euref89/ETRS89.

- Projeksjon: NTM, sone 5-30 ut fra hvor bygget fysisk befinner seg.
- Høyde/vertikalt datum: NN2000.

Valg av referansesystem, referanserammer og projeksjoner skal kommuniseres i form av en EPSG-kode. Et eksempel på en kode er EPSG:5950 som er EUREF89/NTM sone 10 og NN2000. Dette er koden som vil benyttes om prosjektet foregår for eksempel i Oslo eller Trondheim ([EPSG 2020](#)). Dersom prosjektet foregår i utlandet skal man benytte systemet som er ansett som best egnet for det område.

- **G8 - Georeferering, Lokale koordinater og globale koordinater:** Alle BIM-leveranser skal leveres med lokale koordinater, der prosjektnull/origo er tydelig definert. Alle objekter skal georefereres i det lokale koordinatsystemet. Det kan gjøres unntak i enkelte prosjekter slik at man georefererer direkte i et globalt system. Fordelen med dette er at modellen vil fungere bedre i samarbeid med andre modeller i GIS da de opererer med globale koordinater. Det er viktig at kompetanse og programverktøy er på plass, og at konverteringer, transformasjoner og rutiner for utførelse er nøye definert og kommunisert til alle involverte parter.

3.2.5 Entreprenørforeningen bygg og anlegg sin BIM-manual

Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg, forkortet EBA, har utviklet en BIM-manual med prosjektrutiner for BIM. Manualen er konsis og består av 7 kapitler på seksten sider. Kapittel fire omhandler prosjektoppsett, og georeferering blir tatt opp i dette kapittelet ([Entreprenørforeningen bygg og anlegg 2018](#)).

- **Enheter:**
Det første som spesifiseres er at SI-systemet skal benyttes i prosjektene.
- **Globale koordinater:**
Ved georeferering i globalt system skal det benyttes
 - Geodetisk/horisontalt datum: EUREF89/ETRS89
 - Projeksjon: NTM
 - Høyde/Vertikalt datum: NN2000

Det er også spesifisert i dette delkapittelet at utveksling av data skal foregå i IFC med et lokalt samhandlingspunkt (Prosjektnull/-origo).

- **Lokale koordinater/samhandlingspunkt:**
Det er arkitekten som har ansvar for å definere origo i det lokale koordinatsystemet. Dette punktet vil fungere som *samhandlingspunkt* gjennom hele prosjektet. Arkitekten oppretter en egen dwg-fil, som er et vektor-formatet flere tegneprogram benytter, med det lokale koordinatsystemet. Andre involverte skal bruke dette som grunnlag når de skal plassere og georeferere egne modellfiler. Det er også laget et regelverk for hvordan samlingspunktet skal være. Punktet skal plasseres nede i venstre hjørne slik at prosjektet kun får positive koordinatverdier. Punktet skal ha koordinatene 0 i x- og y-retning. Y-aksen skal være parallell med sann nord slik at man unngår rotasjon. Alle involverte skal benytte dette punktet som samhandlingspunkt og det skal brukes som utgangspunkt for IFC-eksporter, se figur 3.7.

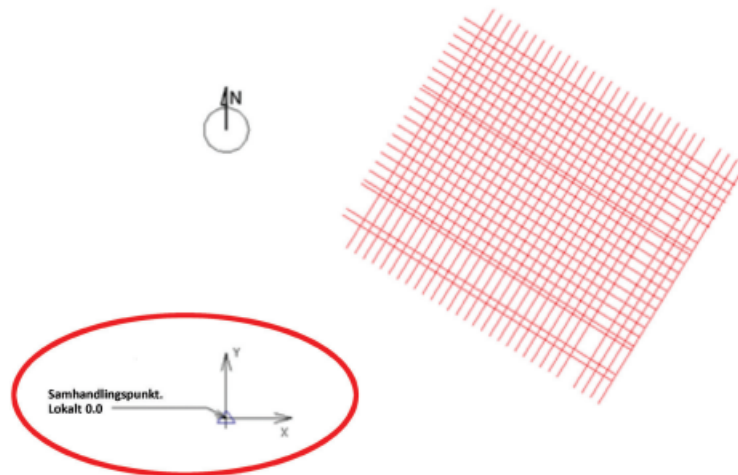


Fig. 3.7: Eksempel på hvordan et samhandlingspunkt, eller prosjektnull, kan plasseres. Rutenettet til høyre er prosjektet-område, mens origo er plassert nede til venstre. En nordpil viser sann nord (Entrepørforeningen bygg og anlegg 2018).

- **Kontrollpunkt:**

Et kontrollpunkt skal opprettes av arkitekten i øvre høyre hjørne (motsatt av samhandlingspunktet). Dette punktet opprettes til å kontrollere for rotasjon.

- **Nullpunkts objekt:**

Det skal modelleres et søyleobjekt i nullpunkt og kontrollpunkt. Det er ikke fastsatt hvordan dette skal gjøres, men det kan for eksempel være 1 meter i diameter og 2 meter i høyde med referansepunktet i senter av søylen.

- **Aksefil i dwg:**

Det skal opprettes en aksefil som er tilgjengelig for alle involverte. Fila skal kun skal inneholde et rutenett(akser), samhandlingspunktet og kontrollpunktet.

- **Koordinater i prosjektet:**

Koordinatene til samhandlingspunktet og kontrollpunktet skal føres inn i et skjema, se figur 3.8.

Lokalt samhandlingspunkt / Origo	Globale koordinater iht. EUREF 89 NTM
N = 0	N = ...
Ø = 0	Ø = ...
Lokalt kontrollpunkt	Globale koordinater iht. EUREF 89 NTM
N = ...	N = ...
Ø = ...	Ø = ...
Rotasjon referanseakse mot nord: (Maks en desimal anbefales - uten avrunding)	...
Globalt høydesystem	
Global høyde iht. kommunens høydesystem på referanseplan, f.eks. Plan 01	OK +...

Fig. 3.8: Eksempel på skjema til å føre inn lokale- og globale koordinater for samhandlings- og kontrollpunkt. Entrepørforeningen bygg og anlegg (2018)

3.2.6 Vegvesenets håndbok V770

Håndbok V770 modellgrunnlag stiller krav til grunnlagsdata og modeller. Mange tenker kun bygninger når det snakkes om BIM, men det er også viktig ved prosjektering av infrastruktur. Her kommer det frem at Statens vegvesen skal benytte referanseramme EUREF89/ETRS89 med NTM-prosjeksjon. Det er projeksjonen UTM som benyttes i kartforvaltning, derfor må dokumentasjonen som leveres til blant annet kommunen være i UTM. Høydesystem som benyttes er NN1954 2.3.6 og NN2000 2.3.6. NN2000 ble introdusert i 2015 og fra og med 2017 er det det som blir brukt. Det kan likevel være noen prosjekter fra tidligere som har data lagret med NN1954. De som jobber med det må derfor vite om begge systemene ([Vegdirektoratet 2015](#)).

3.2.7 Veiledere hos kommuner

Statbygg er ansvarlig for statlige bygg, mens kommunene er ansvarlig for kommunale bygg- og anlegg. Når det skal prosjekteres noe nytt for kommunen, er det de som er byggherren, og har da muligheten til å sette krav til BIM-leveransene. Norske kommuner varierer i størrelse og innbyggertall. Det er derfor naturlig at størrelse på prosjektene og mengde prosjekter er ulikt fra kommune til kommune. Antall ansatte avhenger også av størrelse og innbyggertall, og en konsekvens av dette er at kompetansen hos de ulike kommunene varierer. BIM-manualene som er definert av kommuner vil derfor ha ulike krav og formuleringer knyttet til georeferering.

I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i fem kommuner som alle har en BIM-manual: Oslo, Bergen, Trondheim, Halden og Nordre-Follo.

Oslo

Oslo har en kravspesifikasjon som blant annet tar for seg modelleringsprinsipper for prosjektene. Dette kapittelet omfatter georeferering. For georeferering av modellen refereres det til *buildingSMART* Norge, og det settes krav til bruk av IFC som utvekslingsformat. Videre er det utformet en rekke regler for god modelleringspraksis, der regel 2 tar for seg georeferering av BIM. Regelen anbefaler BIM som brukes i felles prosjekt georefereres, og at prosjektnull plasseres med korrekt vinkel til sann nord. Det nevnes også at kommunen krever kartdata i UTM, mens entreprenører krever kartdata i NTM. Et delkapittel tar for seg georeferert modell og informasjon. Kravene som stilles her er at prosjektet skal gjennomføres i lokalt koordinatsystem. Kartprojeksjonen er NTM og vertikal referanseramme er NN2000. Prosjektnull skal angis i gjennomføringsplanen til BIM, og all stedfestet informasjon skal ta utgangspunkt i dette nullpunktet. Det kan defineres et koordineringspunkt dersom det er behov for dette. IFC-modellene skal ikke ha noe rotasjon, men fagmodellene kan roteres med retning mot prosjekt-nord. Dette må da også beskrives i gjennomføringsplanen ([Undervisningsbygg, Oslo kommune 2021](#)).

Halden

Halden har valgt å ta opp georeferering tidlig i sin BIM-manual, under kapittelet planlegging av prosjektering. De krever at arkitekt lager en akseplan eller aksefil slik den er beskrevet i BIM-manualen tilhørende EBA. Aksene skal ha entydige navn, og prosjektnull skal være plassert i akseplanen med angivelse til et globalt koordinatsystem. Planen må kontrolleres av BIM-koordinator

eller prosjektleder før den publiseres. Arkitekt har også ansvar for å laste ned kartgrunnlag og legge til grunnleggende prosjektdata. Fila skal inneholde siste oppdatert 3D-kart fra kommunen, oppmålt terrengdata, prosjektnull og innsetingspunkt i kartet samt plassering av prosjektet. Unødvendig informasjon skal fjernes fra fil. Andre involverte må følge det arkitekten har fastsatt. IFC-modellen skal ha retning mot sann nord ([Halden kommune 2019](#)).

Nordre Follo

Nordre Follo sin BIM-manual har hentet inspirasjon fra Statsbyggs SIMBA. Den er knyttet tett opp mot IFC og referer mye til buildingSMART. Den krever bruk av IFC i sine prosjekter. Prosjektnull skal georefereres i henhold til BuildingSMARTs dokumentasjon. *IfcSite* brukes til å angi prosjektområde, *IfcGeometricRepresentationContext* definerer sann nord og *IfcCoordinateReferenceSystem* referanseramme og kartprojeksjon, EUREF89 , UTM eller NTM ([Nordre Follo kommune ukjent](#)).

Bergen

Bergen kommune krever at det skal etableres et prosjektnull i et lokalt system som alt i prosjektet skal referere til. Nullpunktet skal orienteres i henhold til sann nord for å unngå rotasjon, og det skal ha angitt globale koordinater. Det globale koordinatsystemet avtales for hvert enkelt prosjekt, men som hovedregel skal man benytte EUREF89, med kartprojeksjon NTM og vertikal referanseramme NN2000. I hvert prosjekt er det en person som vil få ansvaret for georeferering og innhenting av kartgrunnlag. Denne personen har også ansvaret for å plassere ut prosjektnull slik at prosjektet unngår negative koordinater. Prosjektnulls koordinater, samt valgt referanseramme, projeksjon og sone skal dokumenteres i gjennomføringsplanen til BIM ([Etat for bygg og eiendom, Bergen kommune 2022](#)).

Trondheim

Trondheim kommune har i likhet med Nordre Follo hentet inspirasjon fra SIMBA. De har likevel utarbeidet en egen del for georeferering. Trondheim ønsker at BIM skal benytte EUREF89, UTM sone 32 og NN2000 til georeferering. I likhet med andre manualer krever de at det skal angis prosjektnull i lokalt system, som skal ha koordinater i det globale systemet ([Trondheim kommune 2019](#)).

Kapittel 4: IFC

Industry Foundation classes (IFC), fungerer som et åpent filformat for BIM ([buildingSMART international 2023b](#)). I Norge er dette det eneste formatet for lagring av BIM som er godkjent for arkivdokumenter ved avlevering eller deponering ([Kulturdepartementet 2018](#)). IFC bygges opp av et skjema, og lagres som en database. Det er en internasjonal standard for datautveksling som gjør det mulig å dele BIM på tvers av programvare, maskinvare og fagfelt. ISO 16739-1:2018 inneholder beskrivelser av komponenter som inngår i bygg og infrastruktur. Dette er definisjonene IFC forholder seg til ([ISO 2018](#)). BuildingSMART er organisasjonen som utvikler og vedlikeholder IFC ([buildingSMART Norway 2023](#)). Den første versjonen av IFC ble publisert allerede i oktober 1999. Siste offisielle versjonen er IFC 4.0.2.1 som ble publisert i oktober 2017 ([buildingSMART international 2022](#)).

IFC kan beskrive alt om hvordan et produkt konstrueres og hvordan det skal brukes. Skjemaet inneholder beskrivelser av alle fysiske komponenter som inngår i prosjektet. Det kan være alt fra størrelse og farge på dører til en detaljert beskrivelse av det elektriske anlegget. Det er også mulig å lagre fremdriftsplaner, kostnadsanalyser og liknende som ofte inngår i et prosjekt ([buildingSMART international 2023b](#)).

4.1 BuildingSMART og openBIM

BuildingSMART er en internasjonal organisasjon som jobber med utvikling og vedlikehold av åpne digitale formater. De utvikler standarder der målet er å effektivisere og øke samarbeidet i bygg- og anleggsprosjekter, samt å nyttiggjøre BIM gjennom det ferdige produktets levetid ([buildingSMART international 2023a](#)).

I en digital verden er det viktig med digitalt samarbeid. Bygg- og anlegg er en bransje der mange er involvert. Alle har sitt fagfelt der de selv er spesialisert, ofte med et tilhørende program. Nova-point er et eksempel på et program som benyttes av en veiplanlegger, der både programmet og veiplanleggeren er spesialisert for prosjektering av vei. Revit er et eksempel på et program som egner seg best til bygg. Det betyr at det er en rekke programmer som må kunne samarbeide i løpet av et prosjekt. BuildingSMART fremmer noe de kaller openBIM ([buildingSMART international 2023d](#)). Det går ut på at de skal forbedre tilgjengelighet, brukervennlighet, administrasjon og bærekraft av digital dokumentasjon i bygg og anlegg. [buildingSMART international \(2023c\)](#) oppgir flere fordeler når det kommer til openBIM:

- Først og fremst fremmer det tverrfaglig samarbeid.

- Det gir bedre prosjektstyring
- 3D-modell og dokumentasjon blir tilgjengelig for bruk etter at prosjektet er ferdigstilt og bygget er tatt i bruk.
- Takket være implementering av internasjonale standarder og definerte arbeidsprosesser gjør det BIM-leveranser mer attraktivt.
- Det sørger for at man har et felles miljø for utvikling av arbeidsmetoder, programvarer og automatisering.
- Det gir tilgang til en digital tvilling som forenkler planlegging når det kommer til bygget både før og etter ferdigstillelse.

IFC er et resultat av buildingSMART sitt arbeid med openBIM ([buildingSMART international 2023b](#)).

4.2 Oppbygging

IFC er en objektorientert database ([buildingSMART Australia 2021](#)). Det betyr at all informasjon er organisert i objekter med relasjoner til hverandre. Objektet inneholder informasjon og mekanismer som knyttes opp mot den virkelige verden. Databasen har en objektorientert struktur, der objektet er knyttet opp mot en klasse. Dette er ferdige maler som er utviklet på forhånd for spesifikke oppgaver. Objektet arver egenskaper fra klassen den hører til, og klassene kan knyttes sammen og arve egenskaper fra hverandre. Objektet består av attributter som inneholder enkel informasjon som navn og tall. Alle objektene har en innebygd programvare som definerer metoder for å manipulere attributtene slik at brukeren oppnår ønsket resultat ([Wikipedia 2022b](#)).

Den følger en logisk og standardisert oppbygging ([buildingSMART international 2023b](#)):

- Identitet i form av navn, identitetsnummer, en beskrivelse av objektet eller funksjon
- Karakteristikk eller attributter som materialtype, farge, temperaturegenskaper og liknende.
- Forhold som lokasjon og eierskap
- Objekt som bjelker og søyler
- Abstrakte konsepter som kostnader og tidsplan
- Prosess som drift
- Personer, som eiere, designere og entreprenører

IFC-kernel er det øverste nivået i IFC-arkitekturen. Det er programvaren som styrer hele databasen, og gir en spesifikkasjon av hvordan skjemaet skal bygges opp:

1. Root definition
2. Object definition

3. Relationship definition
4. Property definition

Det er fra *IfcRoot* at enhetene får identifikasjon, navn og eierskap. *IfcObject* definerer alle fysiske objekter som bjelker samt mer abstrakte objekter som en grense. I tillegg blir prosjektplan med dokumenter som fremdriftsplaner, kostnadsestimater og involverte aktører definert. Det er *IfcRelationship* som binder objektene sammen, mens *IfcProperty* generaliserer objektene. Dersom det er mange objekter av samme type i et prosjekt kan *ifcProperty* gi ut generell informasjon om objekttypen ([buildingSMART International Limited 2020e](#)).

Det er mye som inngår i modellering av 3D-modeller når alle involverte skal legge inn informasjon om alle komponenter som inngår i et bygg. BuildingSMART har utviklet en en stor database med alt man behøver av objekter for å sette sammen en fungerende database, samtidig som det stadig forbedres når nye behov oppdages. IFC sin *Reference View* gir en oversikt over skjemaer, domener, typer og enheter som man kan benytte seg av ([buildingSMART International Limited 2020e](#)).

Oppbygging med hensyn til georeferering og transformasjoner

Alle prosjekter skal inneholde en instans som heter *IfcProject*. Dette gir en oversikt over objektene i prosjektet ([buildingSMART International Limited 2020e](#)). Project representation context forteller om georefereringen av prosjektet. Der får man oversikt over orienteringen av koordinatsystemet, sann nord, presisjon og mer som har med geometrien av prosjektet å gjøre, se figur 4.1.

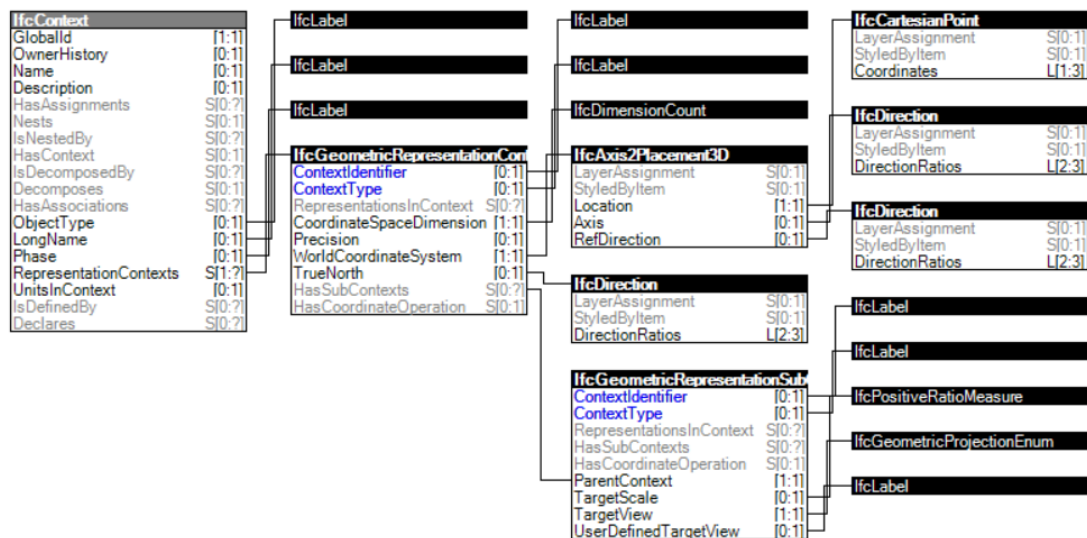


Fig. 4.1: Eksempel på IFC-skjema. *IfcContext* er objektet helt til venstre. Den er koblet sammen med andre objekter som *IfcGeometricRepresentationContext* som igjen er koblet til andre objekter ([buildingSMART International Limited 2020a](#)).

Det er også noe som heter *Project Global Positioning*. Den legger til en referanseramme for koordinater på eller i nærheten av jordas overflate der det alt eksisterer et referansesystem. Det gjør det mulig å representere geometriske data med posisjon på jordas overflate ([buildingSMART International Limited 2020b](#)).

IFC har enheter som definerer det meste, også for georeferering:

- **IfcSite:**

Det er *IfcSite* som definerer arealet hvor prosjektet finner sted. Dette området kan omfatte både land- og vann-arealer. I IFC kan området defineres med et geografisk referansepunkt i felt, som har en presisjon på en milliondel av et buesekund. Det er bedre presisjon enn man kan forvente med moderne måleutstyr som brukes i bygg- og anleggsbransjen. I prosjekt-fila vil dette referansepunktet automatisk få koordinatene (0,0,0) i WGS84, men dette kan brukeren velge å endre. I Norge vil det være vanlig å bruke EUREF89 NTM med NN2000 for å angi koordinater, figur 3.1 viser hvordan IFC brukes i et prosjekt ([buildingSMART International Limited 2020d](#)).

- **IfcLocalPlacement:**

IfcLocalPlacement beskriver objekters plassering relativt til område de befinner seg. Det vil si at objektet tar utgangspunkt i referansepunktet fra *IfcSite* med koordinatene (0,0,0), og gir (x,y,z) koordinater relativt til dette punktet. En naturlig representasjon vil da være +x i østretning, +y i nordretning og +z i opp-retning ([buildingSMART International Limited 2020c](#)).

- **IfcRepresentationResource:**

IfcRepresentationResource er et skjema med flere enheter som er viktig for georeferering av prosjekter. Skjemaet definerer form og topologi til objekter i prosjektet.

- **IfcCoordinateReferenceSystemSelect:**

IfcCoordinateReferenceSystemSelect definerer koordinatsystemet. Det er der koordinatsystem for prosjektet blir valgt. Det er da to enheter å velge mellom ([buildingSMART International Limited 2020e](#)):

- *IfcGeometricRepresentationContext* som representerer et lokalt system definert for det aktuelle prosjektet. Den kan definere en egen metode for representasjon og presisjon av geometriske objekter innad i prosjektet. Det er også mulig å definere en offset til et globalt system. Ved valg av dette systemet vil det være naturlig å oppgi sann nord. Når man jobber med geografisk informasjon vil sann nord som oftest peke i retningen opp på dataskjermen, men det er ikke alltid tilfelle når man jobber med 3D-modellering. Derfor er retningen av sann nord er viktig å presisere .
- *IfcCoordinateReferenceSystem* som representerer et globalt koordinatsystem. Systemet må da representeres på en måte som er kjent for IFC. Dette kan for eksempel være ved bruk av EPSG-koder.

- **IfcMapConversion:**

IfcMapConversion er enheten som definerer konverteringen eller transformeringen fra lokalt koordinatsystem, til det globale koordinatsystemet som er gitt av den underliggende kartdataen. Dette vil da være EUREF, UTM eller NTM for Norge. *IfcMapConversion* takler kun operasjoner mellom lokalt og globalt system.

- **IfcCoordinateOperation:**

IfcCoordinateOperation har mulighet til å gjennomføre konvertering eller transformasjon mellom globale koordinatsystemer.

- **IfcProjectedCRS:**

IfcProjectedCRS bestemmer kartprojeksjonen, tilhørende sone og skalering. IFC vil automatisk anta at det er et kartesisk høyrehånds-system dersom ikke annet er oppgitt.

Det er også andre enheter i IFC som har en rolle i arbeidet med georeferering av objekter og prosjektet, men de overnevnte er mest relevante i denne sammenhengen ([buildingSMART International Limited 2020e](#)). Figur 4.2 viser hvordan et utvalg av ifc-klasser jobber sammen for å georeferere et prosjekt.

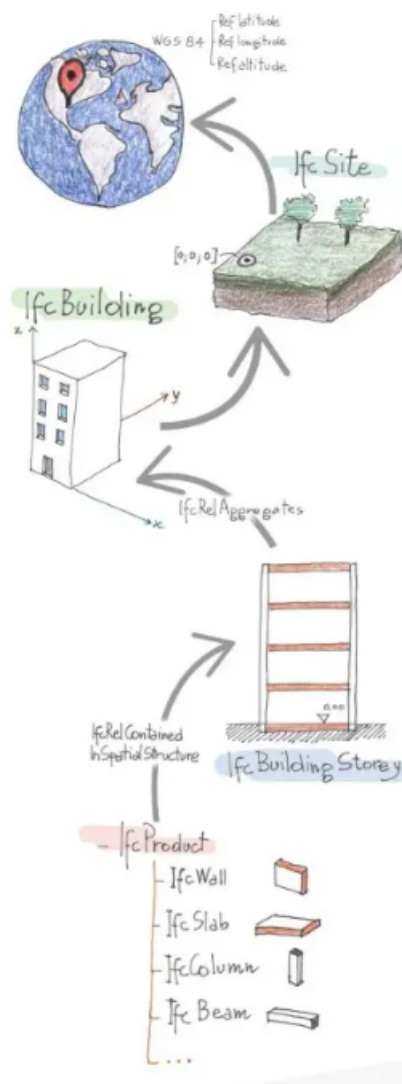


Fig. 4.2: En oversikt over hvordan enhetene i IFC georefereres. Det starter med enkle objekter, som settes sammen. Til slutt er det et bygg som plasseres ut i et prosjektområde som er knyttet opp til et globalt koordinatsystem ([BibLus 2020](#)).

4.3 Hvordan georeferere BIM ved bruk av IFC

BuildingSMART har utarbeidet en brukermanual for hvordan BIM georefereres i IFC. Brukermanualen forkortes IDM for *Information Delivery Manual*. Den skal hjelpe involverte aktører med å definere plassering på kart og definere område der prosjektet finner sted. IDM-en beskriver en standardisert metode. Målet med denne manualen er å gjøre georefereringen lik gjennom hele

prosjektet av alle involverte aktører.

IfcSite kan deles inn i to kategorier:

1. **small site:**

En *small site* vil som regel være én kvadratkilometer eller mindre i størrelse

2. **large site:** En *large site* er alt som overgår en *small site*. En vei som strekker seg tusenvis av kilometer, vil være en *large site*.

Langs en vei som er kilometervis lang vil det ofte være flere prosjekter som pågår.

Det kan være:

- bruer
- underganger
- bomstasjoner
- bensinstasjoner
- ...samt mye mer som hører til langs en vei

Da kan man ha en *small site* som omfatter ei bru, i en *large site* som omfatter hele veien. På den måten kan en *large site* settes sammen av flere *small sites*, der *small site* nummer 1 kan prosjekteres uten å vite noe om *small site* nummer 2. Det de har til felles er at begge refereres til samme *large site*. Hver *small site* har et eget lokalt koordinatsystem som kan konverteres til koordinatsystemet som hører til *large site*-en. Derfor er det viktig at alle i prosjektet følger samme oppskrift og samme konvensjoner når BIM prosjekteres.



Fig. 4.3: Et eksempel på hvordan small site og large site henger sammen. Det er et stort infrastrukturprosjekt, der det er mange små prosjekter involvert. Et lite prosjekt kan trekkes ut og arbeides med uavhengig av de andre prosjektene (BibLus 2021).

Ved georeferering av enkeltstående prosjekter, og flere mindre prosjekter som skal settes sammen til et stort prosjekt, så er det viktig at det benyttes et passende referansesystem. Referansesystemet har gjerne en kartprojeksjon som bruker øst, nord og høyde til å angi koordinater i et kartplan som dekker hele prosjektområde. Hovedområde vil da prosjekteres i den bestemte kartprojeksjonen. I de største prosjektene vil man kunne få en målestokkfeil, derfor anbefaler IFCs brukermanual at men deler opp i mindre prosjekter med lokale koordinatsystemer. Prosjektnull i det lokale systemet får en praktisk plassering i forhold til prosjektet. Det beste er at det plasseres på en måte som gjør at alle koordinater blir positive slik det er beskrevet i kapittel 2.4.1. Aksene får også en tilpasset plassering, og minst en av dem sammenfaller ofte med en vegg eller lignende. For et lite prosjektområde er målestokken 1:1 (en meter i modellen er en meter ute i felt). For at dette skal være mulig å gjøre det på denne måten, med mange *small sites* inne i en *large site*, så må man kunne transformere fra det lokale systemet i det lille prosjektområde til det globale systemet i det store prosjektområde.

I og med at det lille prosjektområde er mindre enn 1 kvadratkilometer, kan man anta at skaleringsfaktoren er konstant for hele område. Det betyr at distansen mellom to punkt i kartprojeksjonen er distansen ute i felt multiplisert med skaleringsfaktoren. Det betyr at man kan visualisere det lokale koordinatsystemet og det globale systemet på samme papir. Avstandene må skaleres, men modellen unngår deformasjoner ved bruk av denne metoden.

For et 2D koordinatsystem bruker man noe kalt en 2D Helmert-transformasjon, som er nevnt i kapittel 2.4.5. Den enkleste måten å gjøre det på er å ha kjente koordinater i begge systemene for to punkt, gjerne origo i det lokale systemet og et punkt til som kan fungere som et kontrollpunkt. Ut fra dette kan man beregne Helmert parameterne: x- og y-translahering, rotasjon og skala. Det er alt som skal til for å transformere mellom de to systemene i 2D. Det er enda enklere i høyde. Da må man kjenne til høyden for ett punkt i både lokalt- og globalt system for å bruke differansen til å gi z-verdien et skift.

Det er størrelsen på prosjektet som bestemmer om det kan benyttes et lokalt koordinatsystem eller om det må benyttes globalt koordinatsystem. For å benytte et lokalt system må prosjektområde være så lite at skaleringsfaktoren er konstant. Dersom det blir bestemt at område er en *large site* må det brukes et globalt koordinatsystem. Det er likevel mulig å bruke så mange *small sites* man behøver der kravene er at det må være to punkt innenfor hver *small site* som er identifisert i det lokale systemet som samsvarer med to punkt i det globale systemet. Dette skal dokumenteres. Parameterne til Helmert-transformasjonen som beregnes ut ifra de kjente punktene må også dokumenteres. Det er kun denne transformasjonen med de dokumenterte parameterne som skal brukes til å transformere mellom koordinatsystemene. To punkt er minstekravet og som oftest nok til å gjennomføre beregningene, men mange benytter flere punkt for å ha mulighet til å sjekke resultatene. For høyde må også et punkt være kjent i begge koordinatsystemene, og differansen skal brukes til å bestemme høyden i hele det lille prosjektområde. Det er viktig at en geomatiker er involvert når det lokale systemet skal settes opp. Da kan de sette opp referansepunkter og kontrollpunkter, samt bestemme Helmert-parameterne og kontrollere at transformasjonen er riktig gjennomført. Når det er gjort skal hvem som helst kunne bruke parameterne beregnet av geomatikeren til å gjennomføre transformasjoner.

IFC har en *model setup* som har i oppgave å gi en beskrivelse av *site* samt plasseringen av lokale-, GPS- og kartreferanser. *Model setup* skal også gi et rammeverk for hvordan man skal sette ut bygningsmasser. Ulike aktører får definerte ansvarsområder, Der landmåleren som har hovedansvaret for georefereringen. Når et prosjekt starter må landmåleren bekrefte grensene til prosjektet ved å måle opp område. Alt av eksisterende bygninger, terreng og annet relevant må også måles inn

i starten av prosjektet. Deretter har arkitekt, landskapsarkitekt, byggingeniør og landmåler med flere ansvar for å definere *site*-modellen. Hjørner og andre punkt som er enkle å identifisere vil få koordinater i det lokale koordinatsystemet som tilhører *site*-modellen. Landmåleren må så måle inn punktene så de blir kjent i det globale koordinatsystemet. Til slutt kan Helmert-parameterne beregnes ([buildingSMART Australia 2021](#)).

Kapittel 5: Undersøkelser

I dette kapitlet er det samlet inn data fra bransjen. Det ble sendt ut en spørreundersøkelse i mars til aktuelle firmaer og enkeltpersoner. Det var seksten personer som deltok på spørreundersøkelsen. Først og fremst geomatikere deltok, men også bergingeniører og BIM-teknikere sendte inn svar, se figur 5.1. Målet var å samle inn svar fra enda flere ulike faggrupper, men det har ikke latt seg gjøre i datainnsamlingen for denne rapporten. Faggrupper som kunne deltatt er arkitekter, landskapesarkitekter, rådgivende ingeniører med spesialisering i vann, elektronikk, brann samt flere aktører som er involvert i utførelsen av prosjekter. Det har kommet tilbakemeldinger fra involverte i nesten alle faser av BIM sin prosess i et prosjekt. Én programvareutvikler, flere entreprenører (utførende), rådgivere (prosjekterende) og representsanter fra kommuner (byggherre) har deltatt. Det betyr likevel, ut ifra fagfordelingen, at spørreundersøkelsen trolig ikke er representativ for alle involverte i bygg- og anleggsprosjekter. Spørreundersøkelsen er gjengitt i sin helhet i vedlegg A.

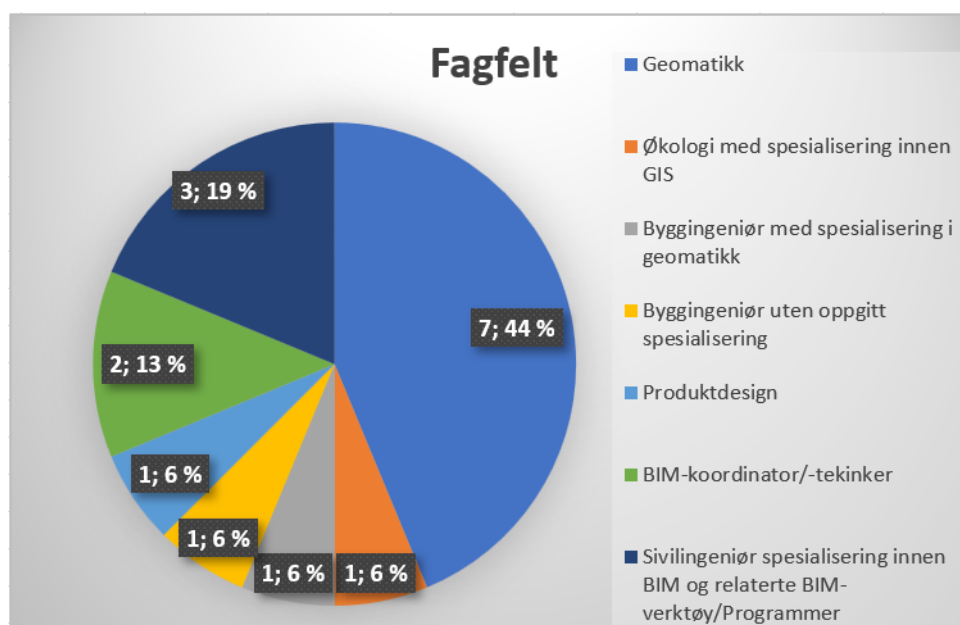


Fig. 5.1: Illustrasjonen viser en oversikt over spørreundersøkelsens deltakere og deres spesialisering. Det er oppgitt i antall deltakere og prosent av totalen.

Det er også gjennomført mer utdypende samtaler. Samtalene fant sted etter fristen for innlevering av spørreundersøkelsen. På den måten var det mulig å få et innblikk i hvordan bransjen forholder seg til problemstillingen for deretter å la noen enkeltpersoner klargjøre samt utdype hvordan de

jobber med det, og hvordan de ser for seg at det bør videreutvikles. Samtalene er gjengitt i kapittel 5.2.

5.1 Sammendrag av spørreundersøkelsen

Det ble gjennomført en spørreundersøkelse med 13 spørsmål for å kartlegge kunnskap og praksis rundt georeferering og transformasjoner av BIM i bygg- og anleggsbransjen. Det første spørsmålet ble stilt for å få kunnskap om personen, først og fremst med tanke på fagretning og spesialisering. Det var tilsammen 16 personer som svarte på undersøkelsen, med deltakere fra kommune, stat, rådgivere, entreprenører og programvareutviklere. Dette gir god variasjon i tilnærmingen til temaene BIM, georeferering og transformasjoner i besvarelsene.

En svakhet ved denne undersøkelsen er at det først og fremst er geomatikere og byggingeniører, med spesialisering innen geomatikk eller BIM, som har svart. Dette er personer som er forventet å ha inngående kunnskap om temaet. Det er også noen BIM-teknikere/-koordinatører som gir en litt annen innfallsvinkel til problemet. Det er likevel mange andre fagdisipliner som kunne deltatt i undersøkelsen og trolig gitt en enda bredere forståelse av problemstillingene sett fra ulike vinkler. En viktig fagdisiplin som ikke er representert er arkitekter, som ut ifra standardene har mye ansvar for georeferering av BIM.

I avsnittene under følger spørsmålene fra undersøkelsen i tillegg til en kort gjennomgang av svarene.

Spørsmål 1

Første spørsmål handler om hvem deltakerne er. Dette gir en oversikt over deltakerne, og innblikk i deres faglige bakgrunn.

Spørsmål 2

Er du bevisst på referanserammer i jobben?

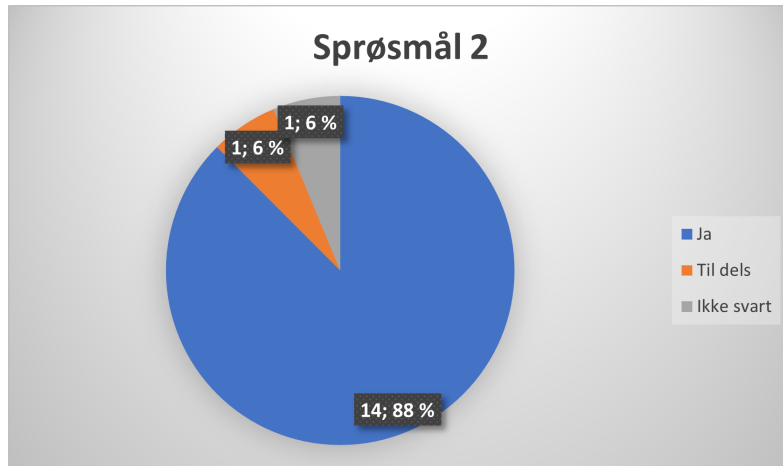


Fig. 5.2: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 2.

Referanserammer er grunnleggende når det kommer til denne problemstillingen og det er et viktig tema alle som jobber med georeferering bør ha kontroll på. Som figur 5.2 viser har hele 88% av deltakerne svart *ja* på dette spørsmålet, der en har valgt å utdype hvilke referanserammer som blir brukt. En har delvis kontroll på hva det er, og det er en som ikke har besvart dette spørsmålet.

Spørsmål 3

a) Er du bevisst på hvilken projeksjon du arbeider i? Kjenner du til forskjellen mellom NTM og UTM[? (se illustrasjone 2.15 og 2.17 som ligger i kapittel 2.4.1.

b) Hvilken projeksjon blir brukt i deres prosjekter? Blir det brukt statisk eller dynamisk referanse-system (ITRF eller WGS84)?

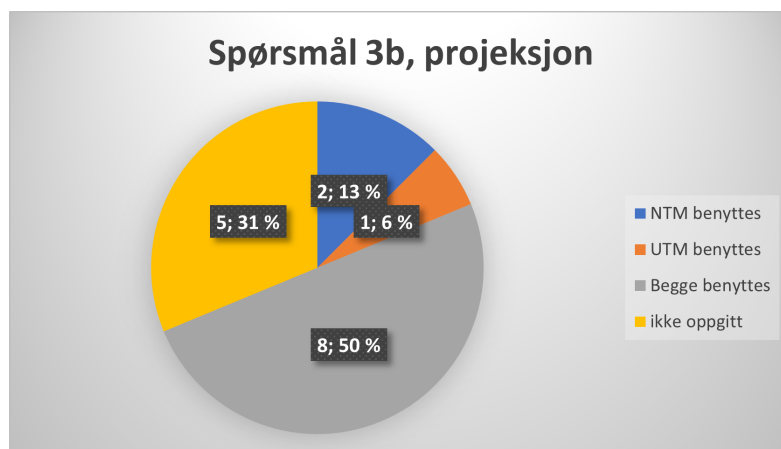


Fig. 5.3: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 3 angående projeksjoner.

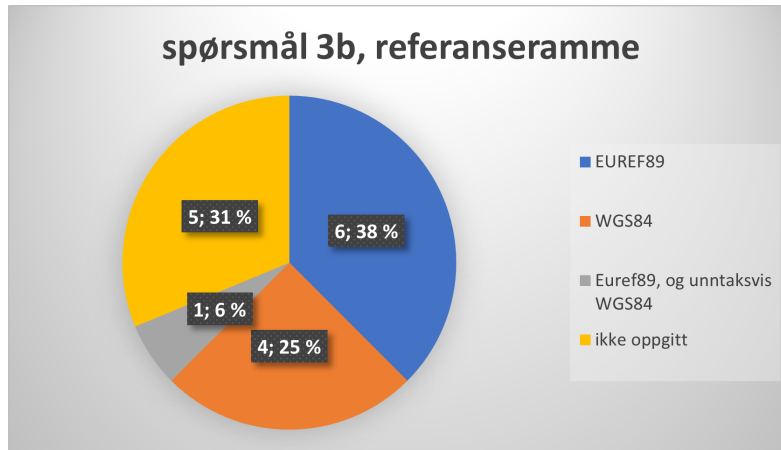


Fig. 5.4: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 3 angående referanseramme.

Alle deltakerne er bevisste på hvilken projeksjon de jobber i, og kjenner til forskjellen mellom NTM og UTM, men spørsmål b) gir litt ulike tilbakemeldinger angående hva som blir brukt av UTM og NTM. Halvparten av deltakerne benytter begge projeksjonene i varierende grad. Kun 2 deltakere oppgir at det kun er NTM som benyttes, og en oppgir at kun UTM benyttes. De resterende deltakerne har ikke gitt noe entydig svar på dette spørsmålet, se figur 5.3. Det er noe mer usikkerhet hos deltakerne rundt statiske og dynamiske referanserammer. 38% svarer at de bruker EUREF89, 25% svarer at de benytter WGS84 og 6% bruker begge, , se figur 5.4.

Spørsmål 4

a) Har du mulighet til å gi en forenklet beskrivelse av hvordan BIM georefereres i modellen og i felt?

b) Hvordan er det naturlig å plassere referansepunktene? Samsvarer de i modellen og prosjektet?

c) Hvor mange punkter er vanlig i et prosjekt? Kan for eksempel gi et anslag per 100 kvadratmeter. Varierer dette ut ifra størrelsen på prosjektet? Vil et lite prosjekt ha flere punkt per 100 kvadratmeter sammenliknet med et stort prosjekt?

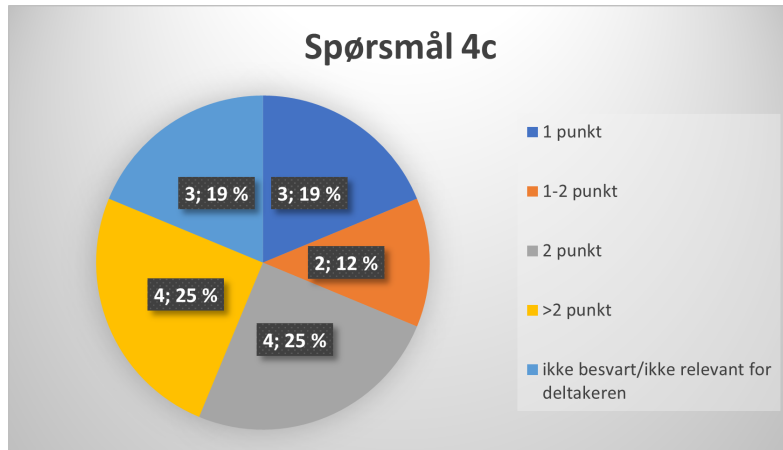


Fig. 5.5: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 4c.

d) Refereres det i et lokalt system for prosjektet, NTM eller UTM? Kan dette variere fra prosjekt til prosjekt? Benyttes ulike referansesystem i modell og ute i felt?

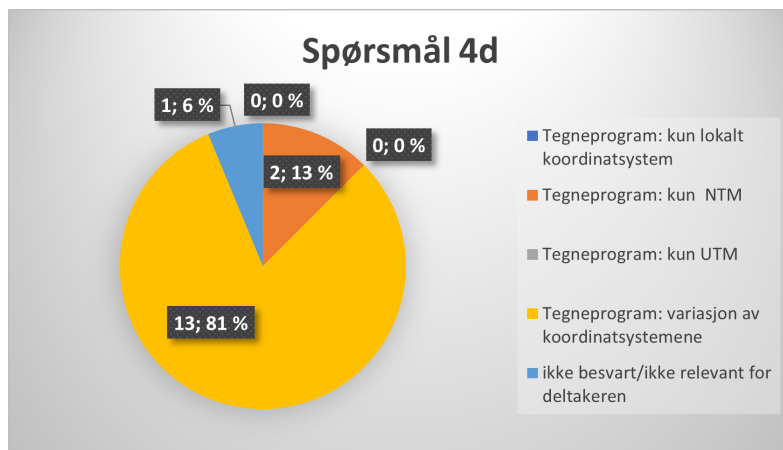


Fig. 5.6: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 4d.

Dette spørsmålet er mer komplisert enn tidligere spørsmål og det kreves at deltakerne har erfaring fra prosjekteringsfasen og minimum frem til start av byggeprosessen for å kunne gi utdypende svar. Det betyr ikke nødvendigvis at man må jobbe direkte med dette, men man må på et vis være involvert i problemstillingene rundt det. Spørsmålet ga flere ulike svar, som betyr at det i dag er ulike metoder som benyttes. Spørsmål 4a krever mye tekst og kan leses i sin helhet i vedlegg A. Spørsmål 4b har også varierende svar. 4c angående referansepunkt gir mer sammenliknbare tilbakemeldinger som er enklere å tallfeste. De fleste prosjekt benytter 2 eller færre referansepunkter i modellene sine, men hele 25% bruker mer enn 2 punkter, se figur 5.5. Dette gjelder ofte infrastrukturprosjekter der prosjektet strekker seg veldig langt. Når det gjelder spørsmål 4d angående bruk av koordinatsystem som benyttes under prosjektering, så er det noe som varierer fra prosjekt til prosjekt. Det er kun 2 deltakere som har svart at de kun benytter UTM under prosjektering, se figur 5.6. Ute i felt benyttes også både NTM og UTM.

Spørsmål 5

Hvilken programvare blir brukt? Er det noen fordeler med denne programvaren når det kommer til georeferering? Er det noen ulemper ved denne programvaren når det kommer til georeferering? Dersom flere programvarer blir brukt så oppgi alle sammen. Si gjerne noe om når i prosjektet/til hvilke oppgaver ulike programmer benyttes og eventuelt hvilken disiplin som benytter hva (Ark, Rib, Riv osv.).

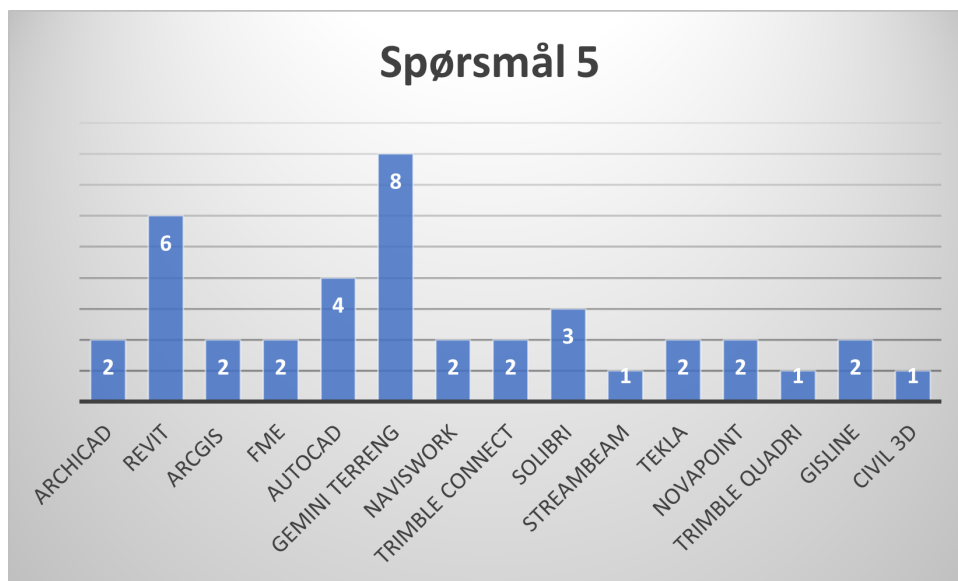


Fig. 5.7: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 5. De fleste benytter mer enn ett program, derfor vil antallet overstige antall deltakere.

Programvaren Gemini, samt programvarer fra Autodesk går igjen hos flere, men det benyttes også programvarer som Arcichad, ArcGIS, FME, Trimble Connect, Solibri, GISLINE, Trimble Quadri og Tekla Structures. Programvarene har ulike styrker og svakheter og det er som oftest bedrift/arbeidsgiver som bestemmer hvilke programvare som benyttes da det er de som betaler for lisenser. Figur 5.7 viser fordeling av programvarer som benyttes av deltakerne i spørreundersøkelsen.

Spørsmål 6

Kjenner du til eller benytter du deg av offisielle transformasjonsbiblioteker (Proj eller SKTrans, EPSG) og hvor godt kjenner du disse?

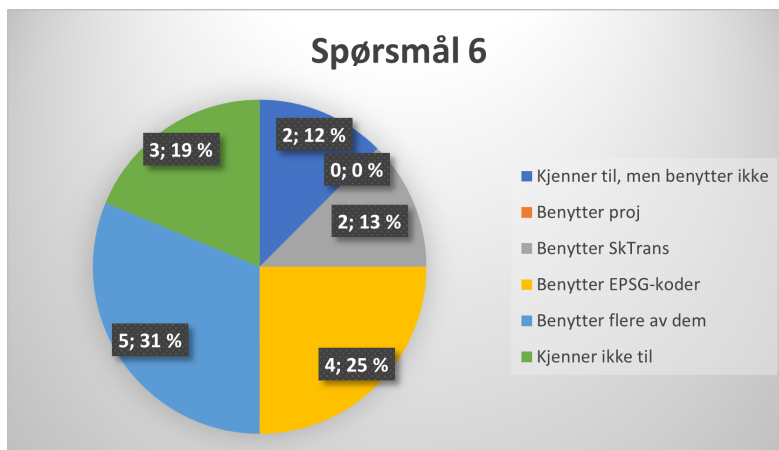


Fig. 5.8: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 6.

Her varierer det litt hva deltakerne kjenner til og hva de benytter. De fleste har oversikt over EPSG-registeret, og vet hvilke koder de selv bruker. Det er også flere som kjenner til enten SKTrans og/eller Proj og vet det er implementert i programvarer som Gemini og ArcGIS, men det er 3 av deltakerne som sier de ikke har kjennskap til hverken Proj, SkTrans eller EPSG-koder, se figur 5.8. Det kan det være flere årsaker til, blant annet en som skriver han ikke benytter transformasjoner og en annen som antar det er implementert i programvaren som håndterer transformasjonene.

Spørsmål 7

Hva slags metoder brukes for å georeferere og transformere i aktuell programvare? Er det styrt av programvaren, eller er det brukerstyrt? Benyttes for eksempel Proj som et tillegg til programvaren?

Dette er et viktig spørsmål med tanke på deltakernes bevissthet rundt programvarens funksjonaliteter, samt hvilke metoder og programmer som brukes i bygg- og anleggsbransjen. Gemini er igjen et program flere, i tillegg er ArcGIS, Autocad, Civil 3D og Trimble Quadri er nevnt. Det er også flere som unngår å transformere da det kan bli store konsekvenser om feil skal oppstå. Når det kommer til georeferering er det enkelte som benytter seg av maler, og gjør denne jobben manuelt, men andre benytter programvare som gjør mye av jobben. Det er arbeidsplasser som for eksempel kommuner, der georefereringen som regel er gjennomført før man mottar modellene.

Spørsmål 8

Blir IFC brukt i alle deres prosjekter? Hvis ja, bruker dere buildingSMART's brukermanual til georeferering av BIM? Hvis nei, hvilket/hvilke filformat bli brukt?

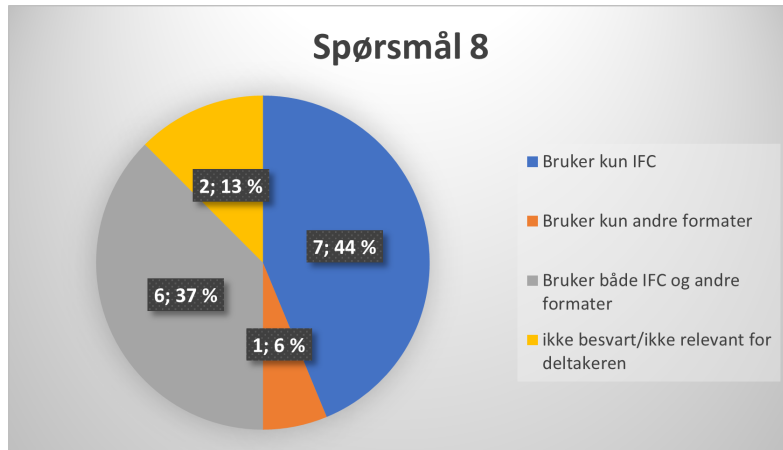


Fig. 5.9: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 8.

Hele 44% av deltakerne benytter kun IFC, samtidig er det 37% som benytter IFC i tillegg til andre formater, se figur 5.9. Til tross for dette er det kun én deltaker som spesifiserer at buildingSMARTs brukermanual benyttes under georeferering av modeller. Hvilket filformat som brukes virker til å være prosjektstyrt, der det avhenger av ønsker fra byggherre og størrelse på prosjektet. Små prosjekter med færre involverte kan enkelt bruke formater som DWG, DXF, DMI og DMR ([Adobe 2023](#)). Større prosjekter med mange involverte er avhengig av at mange har tilgang. Dette kan være prosjekter der det begynner med et konsulentfirma, muligens et arkitektfirma, så er det et nytt firma som er den utførende part, samt at byggherre kanskje er kommune eller stat. Da er det mange bedrifter som ikke nødvendigvis benytter samme programvare som er avhengig av samarbeid, og åpne filformater, som IFC, er derfor helt nødvendig.

Spørsmål 9

Er det andre manualer/veiledere/dokumenter dere støtter dere på? for eksempel SIMBA (Statsbygg), buildingSMART prosess IDM for georeferering, Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM o.l.?

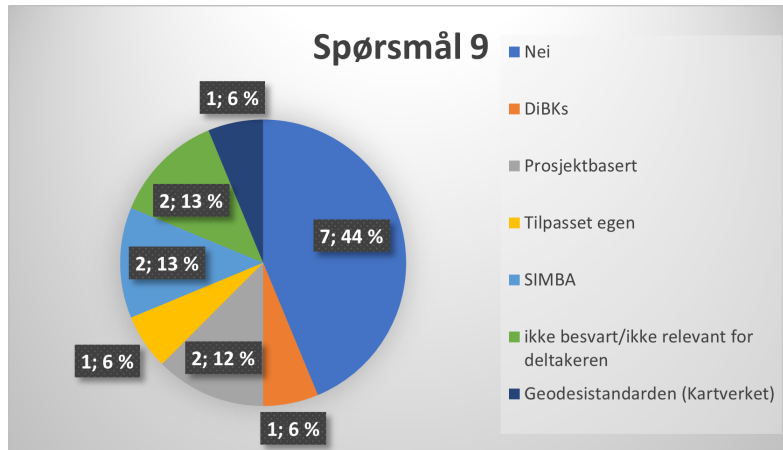


Fig. 5.10: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 9.

Svarene på dette spørsmålet varierer veldig. For enkelte er ikke dette spørsmålet relevant, da de ikke selv jobber direkte med å georeferere. En av deltakerne benytter direktoratet for byggkvalitet sin veileder der det er mulig å laste opp IFC-filer som så kjører en validering av denne for å teste om georefereringen følger kravene satt av buildingSMART. To av deltakerne har kjennskap til SIMBA, men benytter den i liten grad. 44% av deltakerne har svart at de ikke støtter seg på andre manualer, se figur 5.10. Som nevnt tidligere er det ofte byggherrer som setter krav til hvordan de ønsker at prosjekter skal gjennomføres. Mange av deltakerne i undersøkelsen jobber for konsulentfirmaer eller entreprenørfirmaer og må derfor forholde seg til kravene satt i hvert enkelt prosjekt, noe som varierer.

Spørsmål 10

Har dere utarbeidet en egen manual som ansatte skal følge? Hvis ja, kan du skrive kortfattet hva denne manualen sier?

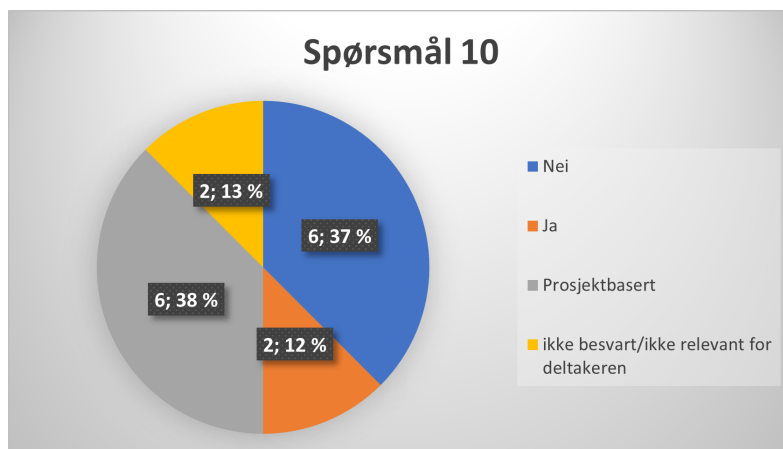


Fig. 5.11: Illustrasjonen viser en oversikt over svarene i spørsmål 10.

Noen har en oppskrift for hvordan georeferering gjennomføres i aktuell programvare. Det er også vanlig å få prosjektspesifiserte manualer som tar for seg ting som gjeldene referansesystem. Det er kun 2 av deltakerne som jobber hos en bedrift som har utviklet en egen generell BIM-manual som gjelder for alle prosjekter, se figur 5.11.

Spørsmål 11

Hvordan er dataflyten gjennom et prosjekt? Hvilken projeksjon er grunnlaget? Hvilken projeksjon blir det prosjektert i? Har det hent at du henter ut koordinater i UTM for så å transformere til NTM og oppdaget en målestokkfeil i løpet av prosjektet?

Dette er ikke aktuelt for alle deltakerne da ikke alle gjennomfører selve prosjekteringen selv. Der det er relevant, jobber de fleste med én projeksjon gjennom hele prosjektet. Det varierer hvilken projeksjon dette er. Noen programvarer, som Revit og Tekla, baserer seg på at man jobber i *lokalnull* med referanse til NTM eller UTM. Ut i fra deltakernes svar benyttes i hovedsak NTM ved store prosjekter. UTM benyttes noe, men da som oftest i mindre prosjekter eller prosjekter der nøyaktighetskravene ikke er så store. En av deltakerne tar opp manglende kompetanse rundt NTM, og at mindre kommuner kan stille svakt her, og derfor ønsker å benytte UTM. De fleste unngår transformasjoner og jobber for at det skal prosjekteres i riktig projeksjon fra start. En problemstilling en av deltakerne tar opp er at man ønsker prosjektering i NTM for best mulig nøyaktighet, samtidig krever kommunen all grunnlag til regulering i UTM. Da må det gjennomføres en omforming av koordinatene slik at dokumentasjonen leveres i riktig projeksjon.

Spørsmål 12

Tar dere hensyn til at målestokkfeilen øker med høyden over ellipsoiden? Eventuelt hvordan?

Dette er ikke en problemstilling som er relevant for alle. Der den er relevant er det ikke alle som tar hensyn eller er klar over at de gjør det. Flere unngår bruk av UTM, da feilen i NTM er neglisjerbar grunnet mindre sonebredde. Andre bruker geoidmodellen NN2000 til å korrigere.

Spørsmål 13

I siste spørsmål kan deltakerne selv komme med kommentarer eller innvendinger til temaet. Et viktig tema som tas opp er at sann nord vil ha store svingninger i UTM sammenliknet med NTM. En annen problemstilling som tas opp er at store prosjekter kan risikere at et avgrenset område prosjekteres i NTM, samtidig som prosjektet rundt prosjekteres i UTM. Dette skaper problemer når det kommer til å knytte sammen infrastruktur.

5.2 Samtaler

Det ble gjennomført to samtaler med erfarne folk fra bygg- og anleggsbransjen for å få bedre forståelse rundt noen av spørsmålene og svarene fra spørreundersøkelsen.

5.2.1 Samtale med Trond Arve og Asbjørn (Vegvesenet)

Trond Arve Haakonsen har jobbet for Vegvesenet i syv år. Han foreleser også i geodesi-emner fra sin forrige jobb ved NTNU Geomatikk. Han har tidligere jobbet for både anleggsfirmaer og konsulentfirmaer. BIM og koordinatsystemer er et tema han er veldig opptatt av, se for eksempel [Haakonsen \(2008\)](#)

Asbjørn Eilefsen har jobbet med landmåling og geodesi i Vegvesenet siden 1990-tallet. Han har blant annet jobbet med rammeavtaler, geodata, standardisering, kartlegging og måling og beregning av Vegvesenets prosjektbaserte fastmerkenett.

Det finnes tre måter å omforme koordinater: transformere, konvertere og punktbevegelseoperasjon. Som nevnt unngås transformasjon av BIM, men konvertering er mulig å gjennomføre.

Det er i utgangspunktet et ønske om å unngå å gjennomføre transformasjoner av BIM. Det kan fort oppstå feil som gir økte kostnader, som enkelt unngås dersom man prosjekterer i ønsket projeksjon fra start.

V770 Modellgrunnlag, som er beskrevet i kapittel 3.2.6, forutsetter at kartdata fra kommunen i UTM skal konverteres til NTM før prosjektering starter. Dokumentasjon som leveres tilbake til kommune og stat skal alltid være i UTM. Når det prosjekteres og bygges i NTM må da nødvendig *som bygget-dokumentasjon* konverteres til UTM.

Alle prosjekt skal starte med egnede kartdata slik at prosjekterende kan tegne/prosjekttere på kartet. På den måten unngår man eventuelle feil som for eksempel målestokkfeil og/eller rotasjonsfeil, og det oppdages fort om de konstruksjoner som skal bygges havner utenfor begrensingslinjene for bygging.

Ikke alle program som brukes i dag er egnet til bruk av NTM. Det kan for eksempel være at programmet ikke tillater nok desimaler. Da tillates det unntaksvis en forskyvning i 2D slik at det likevel er mulig å gjennomføre prosjekteringen.

5.2.2 Samtale med Terje Gilde (Implenia)

Terje har en bachelor i bygg med spesialisering i geomatikk fra høyskolen i Gjøvik, og har nå jobbet ti år i anleggsbransjen med mye feltarbeid.

Det er et gjennomgående problem at kompetansen når det kommer til georeferering og projeksjon ikke er bra nok. Det er kartgrunnlaget som er fundamentet i hvert prosjekt. Det er noe av det første man henter inn, og geomatikeren er ofte ikke med i prosjekteringen på dette stadiet. Arkitekt eller byggingeniør henter da ofte inn kartgrunnlag i UTM uten å transformere til NTM, for så å begynne å prosjektere i UTM. Det er også aktører som Norkart der du kan velge å hente inn enten UTM eller NTM, og da må man ta et bevisst valg ut ifra hva man skal prosjektere. Veldig mange velger da UTM uansett i og med at det er denne projeksjonen de har hørt om.

Fordelen med å jobbe i NTM kontra UTM er at man kan ignorere målestokkfeilen. Dersom man bruker UTM i store prosjekter vil målestokkfeilen bli merkbar. Det er problematisk om man har prefabrikerte elementer som ikke passer sammen fordi målene ikke stemmer. Et alternativ da er å lage et lokalt nett, eller såkalt falsk UTM. Dette er en stor feilkilde i prosjekter, og skaper mye

unødvendig ekstraarbeid for ansvarlig landmåler.

Alle prosjekter har en prosjektbasert BIM-manual eller veileder, som det er skrevet mer utdypende om i kapittel 3. Det er i utgangspunktet byggherren som eier denne manualen, men andre bidrar ofte til at den er korrekt. Det er som oftest en generell mal som blir oppdatert til gjeldene prosjekt. I store prosjekter fungerer dette bra, men i små prosjekter hender det at BIM-manualen kun er en mal der det ikke er gjort noen endringer.

Gemini er et program der NTM ligger inne som et predefinert koordinatsystem. Det gjør det ikke i alle program som benyttes til modellering. Det er likevel ikke noe problem å samarbeide, så lenge alle har samme kartgrunnlag de jobber ut fra. Det er også IFC som blir mest brukt, men DWG (Autodesk) henger fortsatt igjen fra tidligere. Fordelen med disse filformatene er at du kan jobbe i lokalt system, for så å eksportere dem i NTM eller UTM.

Det er viktig å ha referansepunkt i 3D-modellen når man jobber med BIM slik at det er mulig å georeferere prosjektet ute i felt. Størrelsen på modellen er som oftest irrelevant, med mindre det er en vei eller lignende som stikker seg mange kilometer, når antall referansepunkt bestemmes. Det er uansett mest vanlig å benytte to punkter. Det første punktet er referansepunktet, ofte referert til som prosjektnull, og det andre punktet er kontrollpunktet, som skal kontrollere rotasjon, skalering og lignende. Enkelte programvarer vil som nevnt da jobbe i lokalt koordinatsystem, men sluttproduktet vil alltid være oppgitt i NTM eller UTM.

Når en BIM først er modellert vil det ikke være mulig å transformere den uten at det oppstår deformasjoner. Det er derfor veldig viktig at utgangspunktet er riktig. Når det arbeides i NTM vil dokumentasjonen konverteres til UTM før den sendes inn til offentlig forvaltning. Transformasjonsbiblioteker blir lite brukt og det er få som har noen formening om dem ut over projeksjonene de jobber i. I og med at kartverket med flere ønsker dokumentasjon i UTM, kunne det kanskje vært mulig å utvikle en løsning der brukeren laster opp data i NTM, for så å ha en programvare som konverterer nødvendig dokumentasjon til UTM.

Kapittel 6: Diskusjon

Dette kapitlet vil diskutere problemstillingen: *Hvordan georeferere BIM og transformere uten deformasjoner*. Det er en todelt problemstilling, der *hvordan georeferere BIM* og *hvordan transformere BIM uten deformasjoner* vil deles opp for å diskuteres separat for så å diskutere det sammen tilslutt. Diskusjonen bygger på bakgrunnsteorien, litteraturstudie, spørreundersøkelsen og samtalen som er gjennomført.

Diskusjonen drøfter også gjennomføringen av oppgaven, og hva som kunne vært gjort annerledes.

6.1 Hvordan georeferere BIM

I Norge er det ingen standarder for hvordan en BIM skal georefereres. Det er heller ingen internasjonale standarder som definerer dette i klare rammer. Bransjen har derfor stått nokså fritt til å danne egne metoder for hvordan de ønsker å georeferere en BIM. Flere har utviklet egne veiledere, slik at det innad i firmaet er en konsekvent metode.

Samarbeidet med andre aktører er en viktig del av bygg- og anleggsbransjen. Dette er en tverrfaglig bransje der mange involveres i både prosjektering og utførelse. Mange av dem må georeferere objekter enten i modellen eller i felt, og i felt er man avhengig av at modellen er riktig og at man forstår den for å unngå unødvendige feil. Det kan derfor være problematisk om alle har en egen metode for å georeferere BIM.

6.1.1 Dagens metoder for georeferering av BIM

Dagens metoder varierer, og det er her noe av problemet befinner seg. De involverte har innarbeidede rutiner som det trolig er vanskelig å komme ut av, og det er en utfordring å forbedre systemet dersom ingen er villig til å utvikle seg. Ut ifra hva standardene i kapittel 3.2 sier, begynner georeferering i dag som oftest med arkitekten. I de aller fleste tilfeller så er det en arkitekt som vil være den som begynner å modellere, og det har derfor vært naturlig at det er arkitekten som plasserer ut prosjektet i et koordinatsystem. Arkitekten har hovedansvaret for å plassere ut prosjektnull, som også fungerer som referansepunkt, og å laste ned kartgrunnet i ønsket projeksjon. Geomatikeren blir ofte ikke involvert før denne delen av jobben allerede er fullført. På det tidspunktet geomatikeren involveres så er det ofte brukt for mye tid og penger til at det kan gjøres endringer i prosjektet. Det bør utredes muligheter for at en som har spesialisert seg innenfor landmålingsfaget får mulighet til å komme med innspill på et tidligere stadie. Om geomatikeren kunne valgt kartprojeksjon samt plassert ut prosjektnull og definert lokalt koordinatsystem ville det trolig vært færre

feil når det kommer til georeferering.

Kartgrunnlaget er en viktig del av planleggingen av et prosjekt. Modellen får en plassering, altså koordinater, ut ifra kartgrunnlaget, og da er det viktig at det er riktig kartprojeksjon. I Norge er det som nevnt i kapittel 2.4.1 to offisielle kartprojeksjoner som blir brukt i bygg- og anleggsbransjen, NTM og UTM. De deles igjen inn i soner, og hvilken sone som skal benyttes avhenger av hvor i landet prosjektet er. De fleste store aktører har bestemt at det er NTM som er standarden i deres prosjekter siden det er mulig å ignorere målestokkfeilen i denne projeksjonen. Sonen med tangeringslinjen nærmest prosjektet er den som benyttes. Da er spørsmålet hva som skjer ved store prosjekter som strekker seg utover flere NTM-soner.

I Norge, og i de fleste andre land, vil det være store prosjekter som for eksempel vei som skal prosjekteres. En vei kan strekke seg flere kilometer, og en NTM-sone dekker mellom 50 og 60 kilometer. Det er derfor vanlig at en vei strekker seg ut over flere NTM-soner. Da kan det være hensiktsmessig å benytte UTM. Ved behov, så gir IFC muligheten til å ha et stort hovedprosjekt i ett koordinatsystem for hele prosjektområde, med flere små prosjekter innenfor hovedprosjektet. Da har de små prosjektområdene egne lokale koordinatsystem som refereres til hovedprosjektet på samme måte som hovedprosjektets lokale koordinatsystem refererer til NTM eller UTM. Ut fra svarene i spørreundersøkelsen så er dette en metode som blir brukt. Med mange systemer i et og samme prosjekt er det veldig fort at noe går galt. De som setter opp systemet bør derfor vite hva de gjør. Når koordinatene skal stikkes ut i felt er det også viktig å ha kontroll på hvilket av de lokale systemene arbeidet pågår i, da det kan få store konsekvenser om koordinater stikkes ut i feil system. Et bygg som plasseres feil er kostbart å flytte i ettertid. Det er også kostbart om to prefabrikerte vegger plutselig ikke møtes slik de skal, fordi de har fått feil koordinater jamfør samtale med Terje Gilde, se kapittel 5.2.2.

Flertallet av BIM-manualene referert til i denne rapporten setter krav til bruk av NTM i sine prosjekter. Likevel kommer det frem i spørreundersøkelsen at UTM fortsatt brukes som kartprojeksjon uansett om prosjektet er stort eller lite. Frem til 2009 fantes ikke NTM, og det var kun UTM som var alternativet. Det er også UTM som er projeksjonen som brukes i forvaltning av offentlig kartdata. På den måten blir det en projeksjon de fleste har hørt om og trolig føler seg mer komfortabel med. Det er også alltid tilgjengelig som kartgrunnlag, og det kan lastes ned direkte uansett hvor i landet prosjektet finner sted. NTM har blitt mer tilgjengelig, men det hender man må transformere kartgrunnlaget fra UTM til NTM før prosjekteringen kan starte. Når prosjekteringen har startet er det hittil ingen metoder for å endre projeksjonen underveis uten at det resulterer i mulige feil.

Det er først og fremst målestokkfeilen som gjør at NTM er foretrukket. I og med at målestokkfeilen kan ignoreres i NTM, men må hensyntas i UTM så vil det være enklere å holde kontroll på, og mindre jobb å prosjektere i NTM. Det er likevel mulig om man har gjennomført prosjektet i UTM å lage et lokalt nett, et såkalt falskt UTM-nett for å omgå målestokkfeilen. Dette er en metode som igjen skaper muligheter for unødvendige feil som lett kan unngås om NTM blir brukt fra starten av prosjektet.

6.1.2 Kompetanse

BIM modelleres ofte av en tverrfaglig gruppe med varierende fagkunnskap og bakgrunn. Det er arkitekter, landskapsarkitekter, byggingeniører, BIM koordinatorene og geomatikere med flere. Alle overnevnte er involvert i prosjekteringen og har derfor et ansvar for plassering av objekter i modellen.

I og med at arkitektene er de ansvarlige for nedlastning av kartgrunnlag samt plassere ut prosjekt-null og eventuelt kontrollpunkt så bør de ha en del kunnskap om georeferering. For øyeblikket er det tre studiesteder som tilbyr en master i arkitektur: *NTNU, Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo* og *Bergen Arkitekt- og designhøgskole*. Andre studiesteder tilbyr variasjoner av studiet. Ved NTNU er det et emne som heter *GIS som planverktøy* og ser ut til å være det eneste geomatikkfaget som tilbys arkitekter ut ifra studieplanene deres ([Arkitektur og designhøgskolen i Oslo 2022](#))([Bergen Arkitekt Skole 2023](#)) ([NTNU 2023](#)). Trolig er det andre fag som involverer valg av koordinatsystem og nedlastning av kartgrunnlag, men dette er et omfattende tema som krever tid for å forstå. Det er viktig å være godt informert for å ta kloke valg. Dersom man kun lærer én metode for hvordan noe skal gjøres, men ikke hvorfor det blir gjort på den måten, vil det være vanskelig å utvikle seg.

Flere av temaene tatt opp i teorikapittelet 2 i denne rapporten er viktig kunnskap og ha med seg om man jobber med georeferering. Det er spesielt viktig å vite ulikhetene mellom NTM og UTM, og hvorfor det er bedre å bruke NTM når prosjektene har høye krav til nøyaktighet. Fra spørreundersøkelsen og samtalene gjennomført i denne oppgaven fremkommer det at UTM stadig benyttes i prosjekter der NTM ville vært bedre egnet. Det betyr at den som er ansvarlig for nedlastning av kartgrunnlaget trolig har lastet dette ned i feil projeksjon. Ut i fra standardene så er det mulig å anta at denne personen er en arkitekt. En mulig løsning på problemet er å gi arkitektene et bedre grunnlag i form av egne geomatikkfag i deres studie.

Byggingeniørstudie er som regel en grunnpilar som det er mulig å bygge videre på, og de fleste har sitt spesialfelt. Det er spesialiseringer innen blant annet vann, vei, brann og geomatikk. Mange av fagfeltene er involvert i prosjekteringen av modellen samt utførelsen av byggeprosjektet. Det er også flere byggingeniører som har lederstillinger, og dermed et hovedansvar i prosjektsammenhenger. For en byggingeniør med spesialisering i geomatikk vil trolig ikke georeferering være veldig problematisk. Det er likevel ofte en valgt fagretning, og andre retninger vil trolig ikke ha like god innføring i geomatikkemnene. Til tross for det vil mange være ansvarlig for å georeferere objekter i modellene. I likhet med arkitekter er det lettere å ta kloke valg om man er godt informert, men med mindre man har en lederstilling eller er spesialisert innen geomatikk, vil man trolig ikke ha et like stort ansvar som arkitekten. Det er arkitekten som legger grunnlaget, og alle andre skal følge arkitektens eksempel slik det kommer frem i kapittel 3.2.

BIM-koordinatorer kan ha ulik bakgrunn, men fellesnevneren er at de synes modellering av BIM er interessant. Det kan for eksempel være byggingeniører eller fagskoleingeniører. Fagskoleingeniører har også mulighet til å ha et fagbrev i stedet for studiespesialisering, og mange har derfor erfaring fra feltarbeid. Det gir trolig et praktisk innblikk som kommer godt med. Det er likevel viktig å forstå hvorfor man gjør noe og til dels hvordan det fungerer. Det er ikke nok å vite at man skal gjøre det på en bestemt måte, men igjen så er det arkitekten som skal legge grunnlaget. BIM-koordinatorens jobb er først og fremst å sørge for at alt stemmer overens når det ligger inne i modellen. Om utgangspunktet er UTM eller NTM har ikke så stor innvirkning på deres oppgaver, men alt må samsvare.

Geomatikere, og da først og fremst landmålere i denne sammenhengen, er den involverte gruppen som trolig sitter på mest kunnskap når det kommer til å georeferere BIM. Det er også geomatikere som sitter med mye av ansvaret etter at arkitekten har tatt de innledende valgene. Hvorfor er det da arkitekten som alene skal ha et så stort ansvar med georeferering, uten at geomatikeren er involvert? Mulig det bør en endring til. Det bør involveres en geomatiker fra start som kan ta beslutningene når det kommer til valg av kartprojeksjon andre avgjørelser som er relatert til georeferering av prosjektet.

6.1.3 Dagens veiledere og manualer

BIM-manualer har blitt svært vanlig, og mange aktører som benytter BIM har utviklet en manual. Det betyr at det snart er like mange manualer som det er involverte i bygg- og anleggsbransjen. Offentlige byggherrer er en gruppe som ønsker at BIM-leveranser skal følge en mal. Statsbygg, Vegvesenet og kommuner er eksempler som er nevnt tidligere i rapporten under kapittel 3.2. De har alle utviklet egne manualer. Manualene har mange fellestrekk, og det er tydelig at de har tatt inspirasjon fra hverandre. BuildingSMART sin manual for georeferering ved bruk av IFC har hatt tydelig innflytelse hos samtlige manualer som er nevnt i denne rapporten.

Et område der det er mulighet for forbedring i BIM-manualene er bruk av et entydig språk. Alle muligheter for misforståelser er et problem når kravene til nøyaktighet er på millimeternivå. I Kartverkets standarder er alle begrepene godt definert i starten av dokumentet, noe som gjør resten av standarden enklere å forstå. Bruk av synonymer for faguttrykk er greit så lenge det betydningen er definert. Geodesistandarden har et godt eksempel på dette med uttrykk med lik definisjon, som er relevante for denne rapporten: lokalt datum, ingeniørdatum og anleggsdatum. Førstnevnte uttrykk får en definisjon i standarden, og de to sistnevnte henviser til denne. Om det ikke hadde vært forklart i starten, kunne misforståelser fort oppstått. Anleggsdatum og ingeniørdatum kan fort antas å være NTM, som er projeksjonen som ofte brukes i felt når koordinater skal stikkes ut. Slike misforståelser unngår man når man er tydelig fra start. Et annet uttrykk som går igjen i alle manualene er prosjektnull, origo, referansepunkt og samhandlingspunkt som alle har samme betydning, og brukes om hverandre i de ulike manualene. Det er ikke definert utenom i Kartverkets standarder og kan være kilde til forvirring. For å unngå usikkerhet bør manualene inneholde en ordforklaring av faguttrykk.

Manualene det er tatt utgangspunkt i for denne oppgaven er stort sett enige. Det er arkitekten som starter prosjektet med kartgrunnlag og definisjon av referansepunkt og eventuelt kontrollpunkt samt et aksennett. De fleste er enige om at det skal prosjekteres i NTM, men enkelte kommuner stiller fortsatt krav til bruk av UTM i sine prosjekter. IFC er foretrukket på grunn av utveksling mellom involverte aktører.

BIM-manualene varierer i omfang og detaljer. Ikke alle har prioritert georeferering i like stor grad til tross for at dette er et viktig punkt. Et viktig spørsmål er hvem som har utarbeidet manualene. Har de utdannelse og ikke minst erfaring som tilsier at de egner seg til å skrive en BIM-manual? Det er mange fagdisipliner som omfattes av en BIM-manual, og den bør derfor settes sammen av et utvalg som består av relevante personer. Én til to personer har trolig ikke nok kunnskap om alle de relevante temaene til å gjøre det på egenhånd.

Enkelte av manualene bærer preg av å ha blitt kopiert fra andre. BuildingSMART og SIMBA er da ofte å kjenne igjen. Dette er gode manualer med mye nyttig kunnskap det er mulig å ta lærdom fra. Det er likevel en fare ved å bare kopiere, og det er at essensiell informasjon blir borte på veien, som fører til at innholdet blir misforstått. Hadde det da vært bedre å kun forholdt seg til SIMBA og/eller buildingSMART uten å forsøke å gjøre lokale tilpasninger?

6.1.4 Ny felles veileder for georeferering

Er det behov for en felles veileder når det kommer til georeferering av BIM? Trolig ville en veileder som gjelder georeferering av alle BIM innenfor Norges grenser vært lettere å forholde seg til. Om man er utførende entreprenør i dag er det mange BIM-manualer man må benytte seg av,

der de fleste har en ulik fremgangsmåte når de setter krav til gjennomføring av oppgaver. Det kan bli mye å holde kontroll på om man jobber for en av de større entreprenørene som er involvert i flere prosjekter samtidig. En ny felles veileder med et entydig språk og klare krav ville også gjort det enklere for mindre aktører som ikke har mulighet til å anskaffe samme kunnskap som de store aktørene. Da ville alle hatt likt utgangspunkt og alle ville fulgt samme fremgangsmåte. Feil er lettere å unngå om alle har klart for seg hvordan en oppgave skal gjennomføres på best mulig måte.

Problemet med bygg- og anleggsbransjen er at det er mange aktører. På bakgrunn av det kan det være vanskelig å vite hvem som bør ta ansvar og initiativ. Å utvikle en felles veileder for georeferering krever derfor en del organisering. Det er Kartverket som har ansvaret for standardisering av stedfestet informasjon, samtidig er det ikke Kartverket som sitter med mest kompetanse eller ansvar når det gjelder BIM. Bygg- og anleggsbransjen har mange private aktører samt noe offentlige, ofte store, aktører. Det gjør det vanskelig å peke ut en ansvarlig som skal utarbeide en ny BIM-manual som alle andre også skal dra nytte av. Et alternativ er å sette ned et utvalg der man involverer flere aktuelle aktører. Det bør være noen fra Kartverket som tar del i arbeidet. Representanter fra Statsbygg og Vegvesenet bør være inkludert samt fagpersonell fra universiteter. Private bedrifter har ofte vært flinkere til å utvikle seg raskt og ta i bruk nye metoder for å være mest mulig effektive. BA-nettverket bør derfor være en naturlig part i dette arbeidet. Det bør være representanter fra alle faser og involverte i et byggeprosjekt slik at man kan belyse utfordringene best mulig. Da vil en eventuell veileder bli brukervennlig og nyttig.

6.2 Hvordan transformere BIM

Hvorfor er det et ønske om å kunne transformere BIM? I bygg og anleggsbransjen i dag er det tre aktuelle koordinatsystemer: lokalt koordinatsystem, NTM og UTM. Lokale koordinatsystem brukes mye i programvarer og UTM brukes til forvaltning av offentlig data. NTM brukes mye som kartgrunnlag og ute i felt for å redusere riskoen for målestokkfeil. Det betyr at det er viktig å ha mulighet til å omforme koordinater mellom nevnte koordinatsystem. Konvertering brukes til dette i dag, men transformasjoner åpner muligheten for også å endre referanserammer.

Det er ett problem når man skal transformere mellom UTM og NTM: målestokken. Prosjeksjonene har ulik målestokk. Det gjør at en BIM som transformeres vil skaleres slik at den ikke lenger har den størrelsen eller plasseringen den i utgangspunktet fikk. Det fører til at en modell som ble prosjektert i NTM, og transformeres til UTM ikke vil ha samme bruksområder før og etter transformasjon. Nettopp av den grunn blir ikke modeller transformert i dag. I stedet blir nødvendig dokumentasjon konvertert fra NTM til UTM .

6.2.1 Hvorfor er det et ønske å kunne transformere BIM?

BIM har et stort potensiale i forvaltning. Matrikkelen er et eksempel på en database som kunne nytt godt av muligheten til å laste inn en ferdig, detaljert modell. Det er modeller av bygg i matrikkelen i dag også, men de er konstruert ut ifra blant annet byggegrenser og bruksareal. Det gir bare et inntrykk av ca. hvor boligen befinner seg og hvor stor den er. Det gir ikke et helhetlig bilde. Byggsøknader er et annet eksempel der BIM kunne gjort mer nytte.

Hva med byplanlegging? Tenk om alle bygg som var modellert i nyere tid hadde en BIM til-

gjengelig. Alle eldre bygg kan det bli laget en punktsky av slik at de også har en BIM av det utvendige skallet. Det er mye lettere å ta beslutninger om man har all data tilgjengelig. Om muligheten kommer vil det trolig utvikles flere bruksområder som befolkningen generelt kan nyte godt av. Med dagens klimaendringer vil risikovurderinger av flom bli mer nødvendig. Med tilgjengelige 3D-modeller av all infrastruktur, vil det bli lettere å simulere skadeomfanget av en potensiell flom.

6.2.2 Utvikle Proj

Om det skal bli mulig å gjennomføre transformasjoner i stor skala vil det være naturlig at det utvikles en løsning for det i Proj, i og med at Kartverket har gjort det til sitt offisielle transformasjonsbibliotek. Da er spørsmålet hvordan det kan gjøres? Et alternativ man bør diskutere er muligheten for å legge inn betingelser for transformasjonen. En viktig betingelse er at alle vinkler skal være lik før og etter transformasjonen. Om to vegger møtes i et 90 graders hjørne så skal det også være 90 grader etter transformasjonen. Lengde, bredde og høyde er andre betingelser som bør være mulig å sette. Om døra er 2 meter høy og 0,9 meter bred så bør det være mulig å låse de slik at det ikke endres i en transformasjon. I transformasjonen mellom NTM og UTM så er det skaleringen som er utfordringen. Om betingelser på lengder av komponenter og avstander blir satt, så ville det muligens gjort at resultatet av en transformasjon hadde endt med færre, og mindre feil.

6.2.3 Utvikle en offentlig løsning som automatisk omformer koordinater i BIM-leveranser fra NTM til UTM

Kartverket, eventuelt en annen offentlig aktør, kan utforske muligheten til å utvikle et program som automatisk omformer koordinatene fra NTM til UTM. Det vil da gjøres med transformasjon eller konvertering av koordinatene. På den måten vil prosjekterende og utførende part kun forholde seg til NTM og lokale koordinatsystemer, og oppgavene knyttet til UTM vil overføres til det offentlige. En slik løsning gir samtidig muligheten til å vanskeliggjøre nedlastning av UTM som kartgrunnlag, og forenkle nedlastning av NTM. UTM vil da bli den projeksjon man må være helt sikker på at man har behov for før man tar seg bryet med å laste det ned. NTM vil samtidig bli projeksjonen som alle i bygg- og anleggsbransjen kjenner til å forholder seg til. På den måten blir NTM et mer naturlig valg.

6.3 Gjennomførelsen av oppgaven

Denne rapporten bygger først og fremst på et litteraturstudie. Det var nødvendig å utforske etablerte metoder for georeferering og transformasjoner av BIM. Standarder samt BIM-manualer og veiledere var en viktig del av dette. Dette har ført til en omfattende rapport med mye tekst. Likevel kunne det vært interessant å studert enda flere BIM-manualer, først og fremst fra kommuner. Manualene brukt i denne rapporten tilhører sentrale østlands-kommuner, i tillegg til Bergen og Trondheim, der det trolig er over gjennomsnittet med kompetanse innenfor område BIM og georeferering. Muligheten til å undersøke BIM-manualene til samtlige kommuner i Norge og sammenlikne likheter og ulikheter for så å kartlegge utførelser og resultater av bygg- og anleggsprosjekter ville trolig gitt en god indikasjon på viktigheten av en utfyllende og entydig manual.

Det ble gjennomført undersøkelser i form av en spørreundersøkelse og to samtaler. Samtalene var oppkalerende og utfyllende, og med mer tid ville det trolig blitt gjennomført flere samtaler eller intervjuer. Spørreundersøkelsen kunne vært gjennomført på en bedre måte. Målet var å få så mange tilbakemeldinger som mulig og spørreundersøkelsen ble derfor sendt ut til ikke-navngitte personer i flere av de store bedriftene i tillegg til en rekke navngitte personer. Om det skulle vært gjort om igjen hadde spørreundersøkelsen kun blitt sendt ut til navngitte personer, slik at det hadde vært sporbar. Da hadde det blitt lettere å beregne svarprosent og fått bedre oversikt over hvilke faggrupper som mottok undersøkelsen. En annen problemstilling som dukker opp med tanke på spørreundersøkelsen er vanskelighetsgraden av spørsmålene. Mulig det er noe av årsaken til at den ikke nådde ut til alle i målgruppen.

Kapittel 7: Konklusjon

Det er et stort forbedringspotensialet når det kommer til georeferering av BIM, og en felles veileder for georeferering vil være nyttig. Om veilederen er omfattende nok så vil det gjøre det mye lettere for mindre aktører å hankses med det. Ikke alle har mulighet til å sitte på spesialkompetanse innen alle fag, ei heller geomatikk. Med noe bakgrunnsinformasjon vil man uansett komme langt om man har en god manual som det er mulig å støtte seg på. Behovet for noe kunnskap vil likevel være der uansett hvor bra manualen er.

En manual vil gjøre georefereringen mer konsekvent enn det er nå. En naturlig konsekvens av det er at det forenkler arbeidet med å utvikle andre aspekter knyttet direkte eller indirekte til georeferering. Det er derfor ikke mulig å konkludere med at transformasjon av BIM aldri blir mulig, men per dags dato er det ikke et alternativ. Enn så lenge er det kun konvertering som er eneste mulighet for omforming av koordinater i en BIM uten at det skal oppstå deformasjoner og feil.

7.1 Videre arbeid

I diskusjonen er det drøftet flere alternativer som kan jobbes videre med. Det mest fremtredende er behovet for en felles veiledning for georeferering av BIM. En bachelor- eller masteroppgave kan bidra med å legge frem mulige krav til en nedsatt arbeidsgruppe. Da blir det tatt initiativ fra noen utenforstående som kan lede denne oppgaven. Noe av problemstillingen diskutert i diskusjonen blir da håndtert. Det kunne vært interessant å sammenlikne en stor bedrift, som ofte har mye kompetanse og omfattende manualer, med en liten bedrift som ikke har noen av delene. Er det forskjeller i metodene for georeferering og påvirker det sluttresultatet i noe grad? Et annet alternativ er å utforske muligheten for å legge inn betingelser i Proj når man skal omforme koordinater. Om det er mulig så vil det være et viktig skritt på veien der målet er å transformere en BIM. Dette vil også bidra i en eventuell utvikling av en løsning som kan ta imot leveranser i NTM, og automatisk omforme koordinatene til UTM for forvaltning.

Bibliografi

- Adobe (2023), 'Vektorfiler'. <https://www.adobe.com/no/creativecloud/file-types/image/vector.html> Besøkt: 06.05.23.
- Altamimi, Z. (2018), 'EUROPEAN TERRESTRIAL REFERENCE SYSTEM 89 (ETRS89)'. <http://etrs89.ensg.ign.fr/> Besøkt: 17.04.2023 .
- Altamimi, Z. (2022), 'The International Terrestrial Reference Frame (ITRF): An update A new release: ITRF2020'. <https://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2022/ICG16/16.pdf> Besøkt: 07.05.23.
- Amlien, Y. & Gilde, T. O. (2013), 'KARTPROJEKSJONEN NTM I BYGG- OG ANLEGGSRANSJEN'. https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/143527/YAmlien_TOGilde.pdf?sequence=1&isAllowed=y Besøkt: 07.05.23.
- Arkitektur og designhøgskolen i Oslo (2022), 'Master i arkitektur'. <https://aho.no/no/studier/arkitektur/340-ark/master5ar> Besøkt: 04.05.23.
- Autodesk (2023), 'Design and build with BIM, Building Information Modeling'. <https://www.autodesk.com/industry/aec/bim> Besøkt: 02.02.2023.
- Bergen Arkitekt Skole (2023), 'STUDIEPLAN FOR BERGEN ARKITEKT SKOLE'. https://bas.org/wp-content/uploads/2020/10/S-T-U-D-I-E-P-L-A-N.SA_.pdf Besøkt: 04.05.23.
- BibLus (2020), 'IFC coordinate system'. <https://biblus.accasoftware.com/en/ifc-coordinate-system/> Besøkt: 10.05.23.
- BibLus (2021), 'How to open an infrastructure project IFC file'. <https://biblus.accasoftware.com/en/how-to-open-an-infrastructure-project-ifc-file/> Besøkt: 10.05.23.
- BIMpraten (2022), 'BIM Historien'. <https://www.bimpraten.no/2040552/11261674-01-bim-historien-m-per-jaeger?t=0> Besøkt: 05.05.2023 en podkast fra Standard Norge og buildingSMART Norge.
- Britannica, The Editors of Encyclopaedia (2018), 'Mercator projection'. <https://www.britannica.com/science/Mercator-projection> Besøkt: 19.04.2023.
- buildingSMART Australia (2021), *Model Setup IDM Geo-referencing in IFC*. <https://ucm.buildingsmart.org/uploads/use-cases/adde7bf0e33b11361d40f4de29102a7c23e91a14078409b597701c7cb2134204/>

- [files/en/20210519061000_Model-Setup-IDM-Geo-referencing-in-IFC-v2.0b.pdf](#) Besøkt: 30.04.2023.
- buildingSMART international (2022), 'IFC Specifications Database'. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/> Besøkt: 27.04.2023.
- buildingSMART international (2023a), 'About buildingSMART'. <https://www.buildingsmart.org/about/> Besøkt: 26.04.2023.
- buildingSMART international (2023b), 'Industry Foundation Classes (IFC)'. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc> Besøkt: 26.04.2023.
- buildingSMART international (2023c), 'What is openBIM?'. <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/> Besøkt: 26.04.2023.
- buildingSMART international (2023d), 'What We Do'. <https://www.buildingsmart.org/about/what-we-do/> Besøkt: 26.04.2023.
- buildingSMART International Limited (2020a), '4.1.3 Project Representation Context'. https://standards.buildingsmart.org/MVD/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/RV1_2/HTML/schema/templates/project-representation-context.htm Besøkt: 28.04.23.
- buildingSMART International Limited (2020b), '4.1.4 Project Global Positioning'. https://standards.buildingsmart.org/MVD/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/RV1_2/HTML/schema/templates/project-global-positioning.htm Besøkt: 28.04.23.
- buildingSMART International Limited (2020c), '4.8.1.1 Product Local Placement'. https://standards.buildingsmart.org/MVD/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/RV1_2/HTML/schema/templates/product-local-placement.htm Besøkt: 30.04.23.
- buildingSMART International Limited (2020d), 'IfcSite'. https://standards.buildingsmart.org/MVD/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/RV1_2/HTML/schema/ifcproductextension/lexical/ifcsite.htm Besøkt: 30.04.23.
- buildingSMART International Limited (2020e), 'Industry Foundation Classes 4.0.2.1 Reference View 1.2, Introduction'. https://standards.buildingsmart.org/MVD/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/RV1_2/HTML/link/introduction.htm Besøkt: 28.04.23.
- buildingSMART Norway (2023), 'bS-standarder'. <https://buildingsmart.no/bs-standarder> Besøkt: 26.04.2023.
- Clemen, C. & Görne, H. (2019), 'Level of georeferencing (logeoref) using ifc for bim', *Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre* . ISSN: 1454-1408.
- Clemen, C. & Roxin, A. (2020), 'Bridging the Gap between Geospatial and Construction'. <https://www.gim-international.com/content/article/bridging-the-gap-between-geospatial-and-construction> Besøkt: 10.05.23.

- Dick, Ø. B. (2018), 'Gauss-krüger projeksjon'. https://snl.no/Gauss-Kr%C3%BCger_projeksjon Besøkt: 20.04.2023.
- Dick, Ø. B. (2023), 'Geodesi'. <https://snl.no/geodesi> Besøkt: 14.02.2023.
- EBA (2013), 'Ytelsesbeskrivelse for BIM-prosjekt'. https://arkiv.buildingsmart.no/sites/arkiv.buildingsmart.no/files/eba-kravstilling-bimprosjekt_v1-0_kommentert-bsn_v1-0.pdf Besøkt: 22.04.2023.
- Entreprenørforeningen bygg og anlegg (2018), 'BIM-manual Prosjektrutiner for BIM'. https://www.eba.no/siteassets/bilder/rapporter-og-publikasjoner/bim_manual-2018.pdf Besøkt: 02.05.2023.
- EPSG (2020), 'EPSG:5950'. <https://epsg.io/5950> Besøkt: 23.04.2023.
- EPSG (2021), 'EPSG:5110'. <https://epsg.io/5110> Besøkt: 23.04.2023.
- Eriksen, E. (2015), 'Slik klarer de å gjøre en rund jordklode flat som en pannekake'. <https://www.tek.no/nyheter/guide/i/wP0XkM/en-innfoering-i-geografiske-informasjonsystemer> Besøkt: 07.05.23.
- ESA (2022), 'Ellipsoidal and Cartesian Coordinates Conversion'. https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Ellipsoidal_and_Cartesian_Coordinates_Conversion Besøkt: 07.05.23.
- Etat for bygg og eiendom, Bergen kommune (2022), *BIM Kravspesifikasjon*. Bim-manual for prosjekter utført på vegne av Bergen kommune.
- EUREF (2017), 'About EUREF'. http://www.euref.eu/euref_abouteuref.html Besøkt: 11.04.2023.
- EUREF (2023), 'European Geodetic Reference Systems'. http://www.euref.eu/euref_egrs.html Besøkt: 17.04.2023 .
- Geodata (2023), 'Koordinatsystemer og projeksjoner'. <https://geodata.no/guider/koordinatsystemer-og-projeksjoner> Besøkt: 23.04.2023.
- Geoteam (2022), 'Hvordan fungerer din GPS (GNSS)?'. <http://vejledninger.geoteam.dk/pages/viewpage.action?pageId=4261840> Besøkt: 17.04.2023.
- GISGeography (2022), 'Cylindrical Projection: Mercator, Transverse Mercator and Miller'. <https://gisgeography.com/cylindrical-projection/> Besøkt: 07.05.23.
- GoPillar Academy (2020), 'Become a BIM Professional with the Autodesk Revit Architecture Course'. <https://www.archdaily.com/943691/become-a-bim-professional-with-the-autodesk-revit-architecture-course> Besøkt: 07.05.23.
- Grøn, Ø. & Kristiansen, J. R. (2020), 'geoide'. <https://snl.no/geoide> Besøkt: 05.05.2023.
- Grøtte, E. O. T. (2019), 'Nøyaktig stedfesting av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) for utveksling og visualisering av modeller i geografiske informasjonssystemer (GIS)'. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2621758/no.ntnu%3ainspera%3a2506651.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Besøkt: 10.05.23.

- Haakonsen, T. A. (2008), 'En sekundær kartprosjeksjon i Norge?', *Kart og plan* **68**(2), 88–99. Artiklen kan lastes ned her: http://www.kartogplan.no/Hefter/KP2-2008/KP-2_2008.htm.
- Halden kommune (2019), *BIM-manual*. Bim-manual for prosjekter utført på vegne av Halden kommune.
- Harsson, B. G. & Pettersen, B. R. (2014), 'Noen trekk fra geodesiens utvikling i Norge de siste 200 år', *Kart og plan* **74**(1), 6–15. Artiklen er tilgjengelig på nett: <http://www.kartogplan.no/Artikler/KP1-2014/Noen>.
- Harsson, B. G., Sundsby, J., Vestøl, O., Tørresen, T., Solheim, D., Pettersen, B. R. & Andersen, Ø. (2009), 'Norges offisielle HØYDESYSTEMER og REFERANSENIVÅER'. <https://www.kartverket.no/globalassets/geodataarbeid/standardisering/standarder/standarder-geografisk-informasjon/norges-offisielle-hoydesystemer-og-referansenivaer-2.1-standarder-geografisk-informasjon.pdf> Besøkt: 02.05.2023.
- IAG (2020), 'IAG Commissions'. <https://www.iag-aig.org/iag-commissions> Besøkt: 20.03.2023.
- IAU (2023a), 'About the IAU'. <https://www.iau.org/administration/about/> Besøkt: 20.03.2023.
- IAU (2023b), 'New coordinate system for solar system bodies'. <https://www.iau.org/news/announcements/detail/ann18010/> Besøkt: 20.03.2023.
- IERS (2013a), 'History of the IERS'. <https://www.iers.org/IERS/EN/Organization/About/History/history.html> Besøkt: 20.03.2023.
- IERS (2013b), 'IERS - objectives'. <https://www.iers.org/IERS/EN/Organization/About/Objectives/objectives.html> Besøkt: 20.03.2023.
- ISO (2018), 'ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema'. <https://www.iso.org/standard/70303.html> Besøkt: 26.04.2023.
- ISO (2019), 'ISO 19111:2019'. <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1022546> Besøkt: 01.05.2023.
- ISO (2023a), 'About us'. <https://www.iso.org/about-us.html> Besøkt: 01.05.2023.
- ISO (2023b), 'ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics'. <https://www.iso.org/committee/54904.html> Besøkt: 01.05.2023.
- ISO/TC 211 (2021), 'ISO/TS 19166:2021; Geographic information — BIM to GIS conceptual mapping (B2GM)'. <https://www.iso.org/standard/78899.html> Besøkt: 01.05.2023.
- ISO/TC 211 (2023), 'ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics'. <https://committee.iso.org/home/tc211> Besøkt: 01.05.2023.
- ITRF (2023), 'ITRF2020'. <https://itrf.ign.fr/en/solutions/ITRF2020> Besøkt: 17.04.2023.

- Karge, M. & Onstein, E. (2019), 'Standardisering av geografisk informasjon'. <https://ba-nettverket.no/wp-content/uploads/2019/09/SOSI-Standardisering.pdf> Besøkt: 01.05.2023 Forelesningsnotat, Institutt for geomatikk *Realtek – NMBU*.
- Kartverket (2009), 'KOORDINATBASERTE REFERANSESYSTEMER'. <https://kartverket.no/globalassets/geodataarbeid/standardisering/standarder/standarder-geografisk-informasjon/koordinatbaserte-referansesystemer-2.1-standarder-geografisk-informasjon.pdf> Besøkt: 07.05.2023.
- Kartverket (2019), 'Geomatikk og samfunn - Standardisering av geografisk informasjon'. <https://ba-nettverket.no/wp-content/uploads/2019/09/SOSI-Standardisering.pdf> Besøkt: 01.05.2023.
- Kartverket (2021), 'Slik bruker du NN2000'. <https://www.kartverket.no/til-lands/posisjon/ta-i-bruk-nn2000> Besøkt: 17.04.2023.
- Kartverket (2022a), 'Hva er geodesi'. <https://www.kartverket.no/til-lands/posisjon/hva-er-geodesi> Besøkt: 14.02.2023.
- Kartverket (2022b), 'Transformere koordinater'. <https://www.kartverket.no/til-lands/posisjon/transformere-koordinater> Besøkt: 23.04.2023.
- Kartverket (2023a), 'Brukerdefinerte transformasjoner'. https://kartverket.github.io/transformasjoner/_pages/userdefined_trans Besøkt: 24.04.2023.
- Kartverket (2023b), 'EUREF89 NTM (Norsk Transversal Mercator) sone 5 - 30'. https://www.kartverket.no/globalassets/til-lands/euref89_ntm_beskrivelse.pdf Besøkt: 22.04.2023.
- Kartverket (2023c), 'Frå det ytste verdsrommet til dei djupaste havbotnar'. <https://kartverket.no/om-kartverket/kva-kartverket-gjer> Besøkt: 11.04.2023.
- Kartverket (2023d), Geodetisk grunnlag – koordinatbaserte referansesystemer og kvalitetssikring av grunnlagspunkt 1.0. Dette er høringsversjonen til Geodetisk grunnlag – koordinatbaserte referansesystemer og kvalitetssikring av grunnlagspunkt 1.0. Standarden er ikke vedtatt. Endringer kan forekomme.
- Kartverket (2023e), 'Installasjon av Proj'. https://kartverket.github.io/transformasjoner/_pages/installation_proj Besøkt: 23.04.2023.
- Kartverket (2023f), 'Kartprosjeksjonar'. <https://www.kartverket.no/til-lands/posisjon/kartprosjeksjonar> Besøkt: 22.04.2023.
- Kartverket (2023g), 'Norgeskart'. <https://www.norgeskart.no/#!?project=Fastmerker&layers=1005,1017&zoom=5&lat=6587764.05&lon=11234.84&p=searchOptionsPanel&markerLat=7577267.3003302&markerLon=1913333.9366796874> Besøkt: 07.05.23.
- Kartverket (2023h), 'pyproj'. https://kartverket.github.io/transformasjoner/_pages/pyproj Besøkt: 23.04.2023.

- Kartverket (2023i), 'Standarder for geografisk informasjon'. <https://www.kartverket.no/geodataarbeid/standardisering/sosi-standarder2/standarder-geografisk-informasjon> Besøkt: 01.05.2023.
- Kartverket (2023j), 'Transformasjon med EPSG-koder'. https://kartverket.github.io/transformasjoner/_pages/epsg_codes Besøkt: 23.04.2023.
- Kartverket (2023k), 'Transformasjoner i Kartverket'. <https://kartverket.github.io/transformasjoner/> Besøkt: 23.04.2023.
- Kristiansen, O. (2021), Referansesystemer og romgeodetiske metoder, VERSJON 3.2. Forelesningskompendie, Institutt for geomatikk *Realtek – NMBU*.
- Kulturdepartementet (2018), 'Lo, 01. januar 2018 om forskrift om utfyllende tekniske og arkivfaglige bestemmelser om behandling av offentlige arkiver (riksarkivarens forskrift)'. <https://lovdata.no/LTI/forskrift/2017-12-19-2286/5-17> Besøkt: 26.04.2023 § 5-17 første ledd.
- Mæhlum, L. (2022), 'NN2000'. <https://snl.no/NN2000> Besøkt: 17.04.2023.
- Mæhlum, L. (2023), 'UTM'. <https://snl.no/UTM> Besøkt: 22.04.2023.
- NKG (2023), 'Front page – Nordic Geodetic Commission'. <https://www.nordicgeodeticcommission.com/> Besøkt: 11.04.2023.
- Nordic BIM Group (2023), 'BUILDING INFORMATION MODELING, BIM i går, i dag og i morgen'. <https://www.nordicbim.com/no/alt-om-bim-bygningsinformasjonsmodellering-fra-vugge-til-grav> Besøkt: 02.02.2023.
- Nordre Follo kommune (ukjent), *Nordre Follo kommune BIM manual*. Bim-manual for prosjekter utført på vegne av Nordre Follo kommune.
- NTNU (2023), 'Studieplan: Arkitektur - masterstudium (5-årig)'. <https://www.ntnu.no/studier/studieplan#programmeCode=MAAR&year=2018> Besøkt: 04.05.23.
- OGC (2023a), 'About'. <https://www.ogc.org/about-ogc/> Besøkt: 01.05.2023.
- OGC (2023b), 'Committees'. <https://www.ogc.org/about-ogc/committees/> Besøkt: 01.05.2023.
- OGC (2023c), 'Geotech IE'. <https://www.ogc.org/initiatives/geotech-ie/> Besøkt: 01.05.2023.
- OGC (2023d), 'Related Content: BIM'. <https://www.ogc.org/tag/bim/> Besøkt: 01.05.2023.
- Portillo, T. (2023), 'jordens faktiske form'. <https://www.meteorologiaenred.com/no/jordens-faktiske-form.html> Besøkt: 07.05.23.
- Proj (2023a), 'Guidelines for PROJ code contributors'. https://proj.org/community/code_contributions.html Besøkt: 05.05.2023.
- Proj (2023b), 'Language bindings'. <https://proj.org/development/bindings.html#python> Besøkt: 05.05.2023.

Proj (2023c), 'PROJ'. <https://proj.org/> Besøkt: 23.04.2023.

Proj (2023d), 'PROJ-data'. <https://github.com/OSGeo/PROJ-data> Besøkt: 23.04.2023.

Proj (2023e), 'PROJ.org Datumgrid CDN'. <https://cdn.proj.org/> Besøkt: 23.04.2023.

Proj contributors (2023), *PROJ coordinate transformation software library Release 9.2.0*. Tilgjengelig for nedlasting: <https://proj.org/download.html>.

Regjeringen (2023), 'Statsbygg'. <https://www.regjeringen.no/no/dep/kdd/org/etater-og-virksomheter-under-kommunal--og-distriktsdepartementet/underliggende-etater/statsbygg/id440426/> Besøkt: 02.05.2023.

Rød, L. K. & Mæhlum, L. (2021), 'Euref89'. <https://snl.no/EUREF89> Besøkt: 17.04.2023.

Skaar, K. A., Himle, S., Tangen, O. B., Vestøl, O. & Bratheim, P. C. (31.01.2023), 'Referanserammer og transformasjoner i Norge'. Artikkelen var ikke publisert ennå da denne rapporten ble utarbeidet, og det kan derfor forekomme endringer.

Soolide (2023), 'Bridge construction fail'. <https://cms.soolide.com/wp-content/uploads/2020/04/bridge-construction-fail-64754-23353.jpg> Besøkt: 30.03.2023.

Standard Norge (2015), 'NS 3580:2015'. <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=759200> Besøkt: 02.05.2023.

Standard Norge (2022), 'Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk – ISO 19650-serien'. <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/digital-byggeprosess/iso-19650-serien/> Besøkt: 01.05.2023.

Standard Norge (2023), 'Om oss'. <https://www.standard.no/toppvalg/om-oss/> Besøkt: 01.05.2023.

Statens vegvesen (2015), 'Håndbok V770 Modellgrunnlag, vedlegg 1'. <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/veg-og-gate/prosjektering-r700-v770/hbv770-v01.pdf> Besøkt: 04.05.2023.

Statsbygg (2022), 'SIMBA 2.1 - Generelle krav'. <https://sites.google.com/view/simba-bim-krav/simba-2-1-gjeldende/simba-2-1-generelle-krav> Besøkt: 02.05.2023.

Statsbygg (2023a), 'BIM'. <https://www.statsbygg.no/bim> Besøkt: 02.05.2023.

Statsbygg (2023b), 'Om oss'. <https://www.statsbygg.no/om-oss> Besøkt: 02.05.2023.

Store Norske Leksikon (2021a), 'celest'. <https://snl.no/celest> Besøkt: 17.04.2023.

Store norske leksikon (2021b), 'Jordaksen'. <https://snl.no/jordaksen> Besøkt: 07.05.23.

Store Norske Leksikon (2021c), 'kartprojeksjon'. <https://snl.no/kartprojeksjon> Besøkt: 19.04.2023.

The constructor - Building ideas (2023), 'Building information modelling in construction industry'. <https://theconstructor.org/construction/building-information-modeling/13614/>.

- the Geodesy Subcommittee of the IOGP Geomatics Committee (2022), 'Understanding the EPSG Geodetic Parameter Dataset'. <https://drive.tiny.cloud/1/4m326iu12oa8re9cjiadxonharclteqb4mumfxj71zsttwkx/07cead43-4462-436c-8636-5da9531eebfd> Besøkt: 22.04.2023.
- Torge, W. & Müller, J. (2012), *Geodesy*, De Gruyter.
- Trondheim kommune (2019), *BIM-manual*. Bim-manual for prosjekter utført på vegne av Trondheim kommune.
- Undervisningsbygg, Oslo kommune (2021), *BIM-kravspesifikasjon*. Bim-manual for prosjekter utført på vegne av Undervisningsbygg, Oslo kommune.
- Vanebo, O. A. (2013), 'BIM og kartbruk'. Tilgjengelig for nedlasting:<https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/189138>.
- Vegdirektoratet (2015), 'Modellgrunnlag'. <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/2016.03.14-handbok-v770-modellgrunnlag.pdf> Besøkt: 02.05.2023.
- Wiki.gis (2011), 'European Petroleum Survey Group'. http://wiki.gis.com/wiki/index.php/European_Petroleum_Survey_Group Besøkt: 22.04.2023.
- Wikipedia (2016), 'UTM-koordinater'. <https://www.wikiwand.com/no/UTM-koordinater> Besøkt: 07.05.23.
- Wikipedia (2020), 'Massesentrum'. <https://no.wikipedia.org/wiki/Massesentrum> Besøkt: 07.05.23.
- Wikipedia (2021), 'Open Geospatial Consortium'. https://no.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium Besøkt: 01.05.2023.
- Wikipedia (2022a), 'Catalogues of Fundamental Stars'. https://en.wikipedia.org/wiki/Catalogues_of_Fundamental_Stars Besøkt: 03.05.2023.
- Wikipedia (2022b), 'Objektorientert database'. https://no.frwiki.wiki/wiki/Base_de_donn%C3%A9es_orient%C3%A9e_objet Besøkt: 06.05.2023.
- Wikipedia (2022c), 'World Geodetic System'. https://no.wikipedia.org/wiki/World_Geodetic_System Besøkt: 05.05.2023.
- Wikipedia (2023a), 'ED50'. <https://no.wikipedia.org/wiki/ED50> Besøkt: 05.05.2023.
- Wikipedia (2023b), 'EPSG Geodetic Parameter Dataset'. https://en.wikipedia.org/wiki/EPSG_Geodetic_Parameter_Dataset Besøkt: 23.04.2023.
- Wikipedia (2023c), 'Mercator projection'. https://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection Besøkt: 07.05.23.
- Wikipedia (2023d), 'Pipeline (software)'. [https://en.wikipedia.org/wiki/Pipeline_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pipeline_(software)) Besøkt: 05.05.2023.

Vedlegg A: Spørreundersøkelse

Av hensyn til personvern er ikke navn på deltakerne i spørreundersøkelsen publisert.

Spørsmål 1

Navn, alder, bedrift, utdanning, ansiennitet og nåværende yrkestittel

1	Norkart AS, Bachelor geomatikk, 15 år, forretningsutvikler
2	29, Plan og Bygningsetaten Oslo kommune, Master i Geomatikk, 4 år, geodataingeniør
3	44, Norconsult, Master, 20 års erfaring, Leder for 3D skanning og ScanToBIM
4	39. Sør-Odal kommune, Master i anvendt økologi, videreutdanning GIS, 11 år ansiennitet, Tittel: Fagansvarlig GIS
5	45, Siv.ing, 21 år, BIM spesialist
6	36, Implenia Norge, byggingeniør med spesialisering i landmåling, 10 år, stikningsleder
7	58år, Statens vegvesen, Dr.ing. Geodesi, 33år, fagspesialist og sjefingeniør
8	31, Marthinsen og Duvholt. VGS, 6 år, Geomatiker.
9	Teknisk Fagskole(anlegg)Marthinsen & Duvholt, 7 år, Geomatiker/Stikningsingeniør
10	38, Marthinsen & Duvholt, Bachelor produkt design, 17 år, prosjekteringsleder
11	29 år, Marthinsen og Duvholt, Fagskoleingeniør, 9 år, BIM-Koordinator
12	31, Hæhre Entreprenør AS, Bachelor i Økonomi/Yrkesutdanning tømrer/Teknisk Fagskole BIM/1/Bimtekniker
13	54, NCC Norge AS, Sivilingeniør, jobbet i 31 år. Er ledende spesialist digitalisering & VDC.
14	51 år, ViaNova AS, MSc Karttekniske fag, NLH (1998), <1 år (+14 år som geomatiker), BIM-koordinator. En del av svarene vil være basert på erfaringer fra tidligerejobber i hhv. Geomatikk Survey AS og Anko AS
15	47 år, 20 år i Stener Sørensen AS som Landmåler
16	31, Siv. Ing. Stener Sørensen AS, Master Bygg- og Miljøteknikk ved NTNU, 4 års ansiennitet i nåværende firma, Sivilingeniør.

Spørsmål 2

Er du bevisst på referanserammer i jobben?

1	Ja
2	Ja
3	ja
4	Geografisk referanser som kommunen benytter: Geografiske data: Kommunen benytter kode epsg kode 25832: Euref89 UTM sone 32. BIM data: Kommunen benytter NTM 10 og 11 avhengig av hva arkitekt klarer å levere https://register.geonorge.no/epsg-koder/euref89-ntm-sone-10-2d-nn2000/14d18955-5a53-4f56-8a07-3bd050ca5826
5	Ja
6	Ja
7	Ja
8	Ja
9	
10	Ja
11	Ja
12	Ja, det er jeg.
13	Ja
14	Ja
15	Ja
16	Til dels. I forbindelse med RIB-modellering og å være BIM-ansvarlig er det aktuelt å plassere byggeprosjekt, og i den forbindelse er det litt kuskus på referanserammer.

Spørsmål 3

a) Er du bevisst på hvilken projeksjon du arbeider i? Kjenner du til forskjellen mellom NTM og UTM[?] (se illustrasjon)

b) Hvilken projeksjon blir brukt i deres prosjekter? Blir det brukt statisk eller dynamisk referansesystem (ITRF eller WGS84)?

1	a) Ja, meget. Vi leverer daglig 3D-modeller og kartdata til arkitekter over hele landet og jobber kontinuerlig med problemstillingen NTM/UTM. Vi er kun leverandør og kan ikke styre brukerens behov, men forsøker å bevisstgjøre. b) Det bestilles som sagt både NTM og UTM. Kun WGS84. Dessverre er det fremdeles flest UTM-bestillinger av arkitektbransjen.
2	a) ja, jeg er både bevist på projeksjon og kjenner forskjellen mellom UTM og NTM b) Vi har ikke en bestemt projeksjon for våre prosjekter, men i den grad vi lager og distribuerer IFC 3D-modeller bruker vi NTM så vidt jeg er kjent. Når vi skal motta BIM modeller får vi modeller både i UTM32, NTM10 og lokale (ikke georefererte) koordinatsystem (noen ganger med oppgitte koordinater for lokalt nullpunkt, andre ganger ikke). Når vi mottar BIM modeller transformeres de til UTM32 for videre bruk.
3	A. Ja B. statiske systemer
4	Ja jeg jobber med GIS data i UTM, ved bruk av BIM kombineres NTM.
5	a) Kjenner til forskjellen mellom NTM og UTM. b) Bruker NTM
6	a) Ja. (Det er jeg som har laget illustrasjonen) b) Ulikt fra prosjekt til prosjekt, men de aller fleste anleggsprosjekter bruker i dag EUREF89 NTM
7	3a) Ja 3b) Statisk referanseramme EUREF89
8	a) Ja b) EUREF89
9	a) Ja. Benytter både NTM og UTM. Erfarer at NTM blir brukt i størst grad, og av større og statlige aktører. UTM ofte på kommunale jobber eller mindre jobber vi prosjekterer selv. b)WGS84
10	a) Ja, dette oppgis av arbeidsgiver, eller bestemmes i oppstart av prosjektering. NTM gir mer nøyaktig målestokk, spesielt viktig dersom man arbeider med bygg/BIM b) Jobber for tiden i flere prosjekter, benytter både UTM og NTM avhengig av type arbeid. UTM benyttes på større VA-jobber, uten konstruksjon.
11	a) Ja b) Vi bruker EUREF89, denne tar utgangspunkt i ITRF tror jeg.
12	a) Ja, jeg er bevist på hvilke projeksjon jeg arbeider i, dette fordi alle modeller fra ulike fag bør ha samme projeksjon, slik at plassering er riktig. b) Som regel går det i NTM, men kan hende til dels noen ganger UTM.
13	a) Ja. Modeller må alltid være referert i NTM. Ellers blir det feil. Og høydereferanse NN 2000. b) Bruker alltid WGS 84-projeksjon
14	a) Ja. Har utført utallige transformasjoner mellom disse og arbeidsoperasjoner dom innebærer et bevisst forhold til forskjellen mellom dem b) Først og fremst NTM (unntaksvis UTM), datum EUREF89 (WGS84)
15	ja WGS84
16	a) Ja. Ja. b) UTM - hovedsakelig sone UTM32. Tror det er statisk (Euref89).

Spørsmål 4

a) Har du mulighet til å gi en forenklet beskrivelse av hvordan BIM georefereres i modellen og i felt?

b) Hvordan er det naturlig å plassere referansepunktene? Samsvarer de i modellen og prosjektet?

c) Hvor mange punkter er vanlig i et prosjekt? Kan f.eks. gi et anslag per 100 kvadratmeter. Varierer dette ut ifra størrelsen på prosjektet? Vil et lite prosjekt ha flere punkt per 100 kvadratmeter sammenliknet med et stort prosjekt?

d) Refereres det i et lokalt system for prosjektet, NTM eller UTM? Kan dette variere fra prosjekt til prosjekt? Benyttes ulike referansesystem i modell og ute i felt?

1	<p>a) Det som er spesielt her er at jeg har satt meg som mål om å georeferere arkitektbransjen. Vi skal derfor kunne sørge for at arkitekten mottar et georeferert grunnlag hvor koordinatene er ivarettatt slik at modellen de tegner forblir georeferert. Dette er vi rett rundt hjørnet til å ha løst for 95% av arkitektbransjen gjennom vår add-in til Revit og Archicad.</p> <p>b) Referansepunkt for vår del er "Lokalt nullpunkt". Når kundene laster ned kartdata til programvarer som ikke håndterer geografiske data, oppretter vi et lokalt nullpunkt og sørger for at programvaren vet hvor det lokale nullpunktet er.</p> <p>c) Ikke relevant for vår del</p> <p>d) Lokale referansesystem er kun aktuelt for Archicad/Revit/Autocad/Tekla-brukere. Altså, programvarer som ikke håndterer georefererte data</p>
2	<p>a) Utgangspunktet for modellene vi lager er FKB-data og terrengmodell og er allerede georeferert. Feltarbeid er ikke relevant.</p> <p>b) Hvis vi må flytte IFC-modellen til et lokalt koordinatsystem før eksport er referansepunktet plassert i nedre venstre hjørnet av modellen rundet ned til nærmeste 10m. Resten av spørsmålet er ikke relevant.</p> <p>c) 1-2 for hele prosjektet, Det varierer ikke mellom prosjekter.</p> <p>d) Hvis vi må flytte IFC-modellen til et lokalt koordinatsystem før eksport velger man å bruke NTM10 som utgangspunkt før man transliserer modellen til lokalt 0-punkt. Prosjektnord og kartnord(NTM10) vil være sammenfallende. Resten av spørsmålet er ikke relevant.</p>
3	<p>A. Modellen georefereres med å lage en sitefil hvor skanns er linket koordinatrigtig. Ut i felt leveres det stikningstegninger som brukes for å implementere design. B. Plassering av punkter er avhengig av tilgang, form av prosjektområdet osv. Hvis referansepunktene brukes videre i modellen så bør punktene samsvare alle steder. C. Vi bruker minst 4 punkter. Større områder krever mer kontroll og da flere punkter. D. Vi prøver å bruke NTM systemer så mye som mulig. UTM er ikke systemet som vi velger pga målestok, men det er fortsatt noen prosjekter som strekker seg over større områder og da noen kunder ønsker alt levert i UTM. Lokale systemer kunne brukes hvis dette kreves, eller hvis vi har ikke flere alternativer eller behov for georeferering.</p>

4	<p>a) I modellen stilles det først krav til arkitekt med krav til å benytte UTM i tillegg til sin egen lokale NTM i prosjekt. Hvis modellen har korrekte koordinater, plasseres den korrekt i vår programvare ArcGIS pro. Hvis ikke benyttes FME / Arcgis Pro til å georeferere med utgangspunkt i følgende informasjon: - lokal projeksjon i prosjektet - Plassering av Origo i prosjekt (koordinater på origo) - Vridning på modellen b) varierer fra prosjekt til prosjekt c) Ønskelig for kommune å motta i UTM, Det varierer fra prosjekt til prosjekt</p>
5	<p>a) I BIM: Beslutter tiltakets biliggenhet ift inetrnt nullpunkt. Angir så internt nullpunkt sin tilsvarende NTM-koordinat. Dersom tiltakets lokale Nord ikke samsvarer med NTM-nord så oppgis ulikheten i grader med mange desimaler. Hva som utføres i felt er opp til stikker, ikke min jobb. b) Usikker på hva det spørres etter. c) Som oppgitt i a) ett punkt og relasjonen True North vs Project North d) BIM programvare krever modellering i nærheten av programvarens lokalnull. NTM er et referansesystem. NTM anvendes i felt.</p>
6	<p>a) Vi jobber enten i modeller som har kartriktige koordinater eller med et forhåndsdefinert nullpunkt og/eller aksene. Når det jobbes med et nullpunkt/origo må det alltid også være en kontrollpunkt. I felt jobbes det alltid i kartriktige/georefererte koordinater. b) Referansepunktene som BIM-modellene georefereres etter settes ikke ut i felt. Disse er kun teoretiske. c) I felt settes andre punkter ut, f.eks. akser, senter søyler, karakteristiske linjer på ei bru etc. Antall punkter er avhengige av kompleksiteten til prosjektet. I bygg trengs generelt færre punkter enn i anlegg. For georeferering av modeller/BIM trenger man kun 2 punkter, men strekker prosjektet seg over flere kilometer kan det (avhengig av programvare) være nødvendig med flere slik at det kan jobbes "lokalt". d) Det brukes både lokale system, NTM og UTM. Fra et stikningsperspektiv er det beste NTM. Det jobbes i system i modell og ute i felt. Det er grunnen til at vi trenger en georeferert BIM-modell. Uten georefereringen klarer vi ikke å sette den prosjekterte modellen ut fysisk i felt, og vi klarer ikke å få eksisterende objekter (f.eks fra scanninger) inn i BIM.</p>
7	<p>4a,b Se epost av 25/3-2023 4c: Kun ett punkt 4d: Se epost</p>
8	<p>a) Som regel får vi modeller med et lokalt nullpunkt, der man vanligvis er enig om koordinater det tilsvarer i valgt koordinatsystem. F.eks: 0.0 = 580450 6633760 (EUR89 UTM32). b) Som regel kun 1, på motsatt side av nullpunkt og modellene for å lettere kontrollere rotasjon. c) 1, med mindre prosjektet er langt i utstrekning. d) Det er som regel NTM som blir brukt i konstruksjon og UTM i øvrige arbeider. Sjeldent benyttes det forskjellige referansesystem i modell og felt.</p>
9	<p>a) Jeg får oftest BIM modeller ferdig georeferert. Kanskje ikke relevant for oppgaven din men: I de tilfeller jeg må georefere IFC filer fra BIM modell gjøres dette med endring av nullpunkt og rotasjon i Gemini. b) Jeg modellerer/tegner ikke BIM modeller. c) Jeg modellerer/tegner ikke BIM modeller. d) Både NTM, UTM og lokalt. Oftest referert i NTM. For aktør som produserer/er i felt er det en stor fordel at referert i samme system som brukes ute i felt. Der det er referert lokalt må et nullpunkt/origo være kjent, utrolig nok hender at dette ikke er oppgitt.</p>
10	<p>BIM modeller tegnes mot lokalt nullpunkt som ligger i nærhet av modellen. Lokalt nullpunkt bør være et forenklet koordinat ved georeferering mot globalt koordinatsystem. Desimaltegn er spesielt viktig å unngå for å fjerne feilkilder. Mot NTM koordinatsystem bør det utgangspunktet være tilstrekkelig med et nullpunkt for plassering, rotasjon i modell bør unngås. Nullpunktet bør være et fysisk objekt i modellen som kan kontrolleres mot. Prosjekter som benytter BIM bør i all hovedsak unngå bruk av UTM koordinatsystem pga. målestokk avvik. Aksene benyttes ofte som kontroll punkter for modell og plassering. Leveres både koordinatsatt via andre formater globalt og i modell til kontroll.</p>

11	<p>a) Om prosjekterende ikke har benyttet globale koordinater, skal origo for modellen fremkomme i en manual som vi skal følge for å sette origo-koordinater i prosjektinnstilling i Gemini. Felldata følger eksporten gjort ut i fra Gemini. b) Det kommer an på prosjekterende eller utførende. Prosjekterende ønsker å ha referansepunktet nærme modellen, mens for oss som utførende er det en fordel om referansepunktet er satt til xyz = 0 for å forenkle importen av data. c) Det er ikke en normal for antall punkter gitt innenfor et område. Det kommer an på jobben som skal utføres. Det kan være flere hundre, og et prosjekt kan fort ende opp med mange tusen punkter. Et lite prosjekt i størrelse kan ha konsentrert arbeidsmengde gitt på et område som kan bli flere punkter enn et stort prosjekt som kanskje har mer arbeid over et lengre strekk, med kanskje noe konsentrert arbeid ved mindre områder langs strekket. Har vi gjort en droneflyvning rydder vi punktskyen til en tetthet med 5x5 cm i noen tilfeller eller 1 - 5 m i andre tilfeller. d) I et prosjekt kan det enten være NTM, UTM eller begge deler, og i verste fall flere systemer. Det er heldigvis sjeldent at dette forekommer nå med ulike systemer. Stikningsdata kommer fra Gemini, der modell har blitt referert, så dette vil da samsvare. Det</p>
12	<p>a) Modellen er allerede georeferert fra konsulent b) Dette er noe konsulentene som gjør c) d) Dette kan variere fra prosjekt til prosjekt.</p>
13	<p>a) Riktig koordinatsystem skal angis i modelleringsverktøyet (Novapoint, Revit, Tekla osv.). Dersom dette er feil har vi verktøy der vi flytter modellen til riktig projeksjon. (Som f.eks. Simpelbim). For bygg er det ofte "rot" med at bygget ikke er korrekt rotet i forhold til sann nord. b) For bygg benyttes et lokalt origo. Gjerne nede i venstre hjørne slik at man får positive koordinater for alle referansene i prosjektet. For veiprosjekter benyttes UTM (vei) eller NTM. Alle modellfiler skal være georeferert. c) Forstår ikke dette spørsmålet. Er det referansepunkter? Kommer helt an på form og vinkler. For jernbane er det ca. 1 pr. 50 meter. d) Se pkt b.</p>
14	<p>a) Enten transformasjon vha. Kartverkets bibliotek (implementert i programvare) eller innplassering og rotasjon (dersom modellen ikke er georeferert)</p> <p>b) Vanligvis prosjekterer alle rådgivere i NTM fra start, så ref.pkt. er mindre aktuelt</p> <p>c) Et prosjekt med begrenset utstrekning (bygg) har ofte ett globalt ref.pkt. som alle aktører skal forholde seg til. Unntaksvis oppgis to, der det ene fungerer som retningspunkt. I prosjekter der f.eks. kartlegging med fotogrammetridrone er aktuelt, vil flere ref.pkt. (GCP) være aktuelt</p> <p>d) NTM er det umiddelbare svaret. Nei.</p>
15	<p>Stort sett arkitekt som definerer BIM og referansepunkter Jeg ønsker gjerne 3 ref punkter</p>
16	<p>a) Lokalt nullpunkt lokaliseres nært det aktuelle prosjektet og defineres med tekst eller lignende. Lokalt nullpunkt har da lokasjon 0,0. b) Referansepunktet plasseres sørvest for modell, slik at BIM-en inntegnes på positiv del av X- og Y-retning. Det blir ikke direkte samsvar, siden lokalt nullpunkt er ved 0,0 og bygget er et sted "på kartet". Relasjon mellom bygg og lokalt nullpunkt samsvarer endog. c) Ett referansepunkt, lokalt nullpunkt, er vanligvis tilstrekkelig per bygg, med nordretning inntegnet. Vanligvis UTM. Kan variere, men sedvanelig gjelder UTM for bygg. Sjeldent.</p>

Spørsmål 5

Hvilken programvare blir brukt? Er det noen fordeler med denne programvaren når det kommer til georeferering? Er det noe ulemper ved denne programvaren når det kommer til georeferering? Dersom flere programvarer blir brukt så oppgi alle sammen. Si gjerne noe om når i prosjektet/til hvilke oppgaver ulike programmer benyttes og eventuelt hvilken disiplin som benytter hva (Ark, Rib, Riv osv.).

1	Norkart har som sagt laget egne Add-ins til Archicad og Revit som gjør at en bruker får georefererte data til og med der. Det har de tidligere slitt med. Ellers, leverer Norkart alle slags dataformater på vårt e-torg.no
2	Ikke relevant fordi de modellene vi mottar allerede er georefererte. Hvis de ikke er det sender vi modellen tilbake og ber om georeferert modell. For å sjekke at georeferering er riktig bruker vi Arcgis Pro og FME.
3	Vi bruker stort sett Revit. Her finnes ikke f.eks mulighet å konvertere et modell fra et system til et annet. Definisjon av transform i Revit er et enkelt rigid body transform hvor det er mulig å sette inn kun nullpunkt og vinkel i plan. AutoCAD kan konvertere kart og enkelt geometri mellom ulike referanse systemer, men det er ikke mulig når man har solider eller kompliserte objekter.
4	ArcGIS Pro FME Blender BIM kommunen i GIS sammenheng bruker BIM til visuallisering. Kommunen prosjekterer ikke BIM modellen selv, men mottar fra planforslager/ arkitekt og syr det inn i vår egen GIS modell.
5	Bruker Revit. Den kan referere til ulike koordinatsystem i samme modell ved å angi flere Sites. Man kan skifte mellom disse Sites. Det er fleksibelt. Dvs. Man kan ha lokalnull, NTM og UTM i samme modell.
6	Vi benytter i hovedsak Gemini Terreng, AutoCad og Navisworks. Gemini Terreng er et kraftig verktøy for å jobbe med kartriktige modeller, innmålte data og gjør georeferering/sammenstilling av ulike modeller og data veldig enkelt.
7	Se epost
8	Som entrepenør bruker vi Gemini Terreng. Er det dårlig grunnlag så er en av ulempene manglende granularitet i rotasjon. Dette gjelder spesielt 2D tegninger som kommer med lokalt nullpunkt og vilkårlig rotasjon.
9	Kanskje ikke relevant. I min jobbsammenheng som høster stikningsdata til bruk i felt er ofte work flow slik: Ser på BIM modell i veiwer som på Trimble connect(Novapoint/Quadri) eller i Solibri og finner ut hvilken IFC fil objektene jeg er på utkikk stammer fra. Her foretrekker Solibri fordi det er enklere og mer oversiktlige instillinger på lagvisninger. Laster ned IFC filene jeg trenger. Høster stikningsdata fra disse i Gemini Terreng for eksport til et annet format(landxml/DXF/KOF/RXL) for bruk til maskinstyring, GPS antenne eller totalstasjon. Som sagt er oftest IFC filene ferdig georefert blir korrekt plassert i Gemini. Der jeg må konverte mellom koordinatsystemer gjør jeg dette i Gemini.
10	Vi benytter i hovedsak Gemini Terreng for anleggsteknisk utførelse, masseberegning, høsting av stikningsdata, m.m. Her jobbes det kun i globale koordinater, BIM modeller settes inn med kjent nullpunkt. De fleste programmer støtter nå både globale og lokale koordinater. Null punkt kan defineres i prosjekt eller ved eksport. Til orientering i felt og utførelse benyttes Trimble Connect som skyløsning og samordningsmodell av fag. Solibri brukes også noe, men i utgangspunktet mest anvendelig på bygg-prosjekter. StreamBeam benyttes blant annet av sykehusbygg.
11	For stikningsformål blir Gemini benyttet, både for georeferering, lage stikningsdata og behandle innmålt data. Fra mitt ståsted ser jeg ingen ulemper med programmet når det

	kommer til georeferering. Gemini brukes fra oppstart til slutt i et prosjekt. Prosjekterende velger litt forskjellig. Men som regler benytter RIB seg av Tekla og eller Revit, med grasshopper og phyton (parametrisk design). RIV og RIE har jeg et inntrykk av at bruker Novapoint og AutoCAD med modul MagiCAD. Grunnen til at prosjekterende ønsker å legge Origo nærme dataen de tegner, er fordi programmene eller prosjektert data i kartvinduet "lagger" når referansepunktet er langt unna.
12	De fleste bruker AutoCad til georefering, men hos oss er det igjen konsulenten som gjør dette.
13	Novapoint for vei, bane og tunell (prosjekteringsverktøy) Tekla for de fleste større konstruksjoner Revit og Archicad er de vanligste for bygg Gemini benyttes til all stikning Utsvekslingsformatet er IFC. For tiden DWG for stikning, men når IFC 4.3 kommer håper vi dette kan benyttes til stikning. Navisworks og Solibri benyttes til samhandling
14	Trimble Quadri, Gemini Terrain, GisLine Trans - alle inneholder Kartverkets transformasjonsbibliotek. Mer typiske DAK-verktøy, som AutoCAD og Revit, vil tidvis ha utfordringer knyttet til at det finnes flere definerte nullpunkt i modellene. En fallgrube hos mange arkitekter er at det blir tegnet i skala 1:1 på et UTM-underlag (skala >< 1:1)
15	Civil3D, Gisline og Gemini
16	Revit og Tekla Structures benyttes for modellering. Revit er litt enklere, da det er enkelt å bytte nullpunktets (og dermed BIM-ens) plassering mellom lokal og global plassering. Programvaren benyttes avhengig av type konstruksjon og ansattes preferanse. Sistnevnte hovedsakelig hvis det kun er stålbygg.

Spørsmål 6

Kjenner du til eller benytter du deg av offisielle transformasjonsbiblioteker (Proj eller SKTrans, EPSG) og hvor godt kjenner du disse?

Proj er Kartverkets offisielle transformasjonsbibliotek og er stort sett tilgjengelig i åpne programvarer som QGIS, PostGIS, ESRI osv.

SKTrans var Kartverkets offisielle transformasjonsbibliotek, men det er faset ut

1	Kjenner til, bruker ikke
2	Jeg bruker ofte EPSG for å transformere mellom koordinatsystemer.
3	Veldig godt
4	Vi bruker nasjonale transformasjoner etter retningslinjer fra statens kartverk. https://register.geonorge.no/epsg-koder/ vi benytter EPSG: 25832 + NN2000
5	Kjenner ikke til disse. Antar de er implementert i programvare som håndterer transformasjoner.
6	Ja, i Gemini Terreng ligger kartverkets transformasjoner inne som standard og vi bruker i all hovedsak disse.
7	Kjenner godt til SKTrans og Proj. Skal absolutt ikke benyttes ved transformasjon av lokalt BIM-system.
8	Svært sjeldent.
9	Nei
10	Ja, dette er inkludert i programvaren (Gemini)
11	Har kjennskap til proj i ArcGIS, men er ikke mye brukt. Kjenner til EPSG som i koordinatsystem, eksempelvis 5110 som vi benytter oss mye av.
12	EPSG kjenner jeg til litt av, der kan man finne hvilke NTM Sone man er basert på EPSG.
13	Vi bruker EPSG koder for droner. Benytter ikke transformasjoner.
14	SKTrans, WSKTrans - benyttet en del i tidligere stilling
15	Benytter SKtrans samt Focus sin
16	Nei.

Spørsmål 7

Hva slags metoder brukes for å georeferere og transformere i aktuell programvare?
Er det styrt av programvaren, eller er det brukerstyrt? Benyttes f.eks. Proj som et tillegg til programvaren?

1	Vi innretter oss for å hente inn data riktig i første omgang. Vi har foreløpig ikke hatt fokus på eksport i forskjellige koordinatsystemer.
2	Vi georefererer ikke BIM modellene selv. Når vi får modeller i lokalt koordinatsystem plasserer vi de ut i "virkeligheten" med Arcgis Pro.
3	Dette er avhengig av hvilke programvarer brukes. f.eks AutoCAD eller Rhino benytter EPSG for å definere et koordinatsystem. Proj eller andre definisjoner kan man bruke i mer avanserte programvarer som f.eks global mapper.
4	dette kan ESRI arcgis pro håndtere ved å definere hvilke projeksjon modellen er i og hvilken projeksjon du ønsker.
5	Tranformasjoner er omplementert i programvare for infrastruktur eks Civil 3D eller programvare som er laget for å konvertere mellom ulike datastrukturer eks. FME. Dette er ikke inkludert i typiske BIM-programmer.
6	Se svar under 6. I tillegg brukes et fellespunkter i det ulike grunnlaget for å skalere og rotere grunnlaget på plass.
7	Se epost
8	Det kommer helt an på formål med transformasjonen. Vi som entreprenør unngår helst noen form for transformasjon da konsekvensene kan være store om det skulle bli feil.
9	Styrt av programvaren
10	Behandles i utgangspunktet ved importering hvor programmet tolker hvilket koordinatsystem fil-innholdet er i. Videre kan man transformere til prosjektets koordinatsystem dersom dette er oppgitt. Man kan også transformere manuelt med programmets innebygde transformasjons modul.
11	Gemini benyttes for transformering, det er delvis programstyrt og brukerstyrt.
12	
13	Dette styres av programvaren. (Gemini)
14	Trimble Quadri, Gemini Terrain har SKTrans (flere?) implementert og vil foreta en spørring ved import av modeller.
15	Kartgrunnlag og matrikkelbrev danner fasit
16	Egne maler for georeferering. Transformering ikke aktuelt.

Spørsmål 8

Blir IFC brukt i alle deres prosjekter? Hvis ja, bruker dere buildingsmart's brukermanual til georeferering av BIM? Hvis nei, hvilket/hvilke filformat bli brukt?
User Guide for Geo-referencing in IFC "How to Setup Geo-referencing in a Building or Linear Infrastructure Model"

1	Bruker som sagt alle formater. også IFC. Jeg jobber for tiden spesifikt med "Byggesaks-BIM" som en IFC hvor det er en forutsetning at BIMen er georeferert. Sjekk eksempelet: https://byggesak3d.norkart.no/view/a21e4115-160f-44c6-ac76-88c178809cf4
2	I den grad IFC-modeller blir laget (hvilket er sjeldent ettersom vi i utgangspunktet ikke lager BIM modeller) blir IFC 2x3 benyttet. Dette er fordi 2x3 er sertifisert. Men vi ser på å bruke nyeste versjon av IFC også da 2x3 ikke har støtte for georeferering.
3	Dette er avhengig av krav i ulike prosjekter
4	Ja IFC er det formatet vi benytter Kan hende arkitekt leverer i andre CAD formater.
5	Ja IFC brukes, Ja i stor grad anvendes BS sin manual for georeferering.
6	IFC blir brukt. Vi bruker kartriktige globale koordinater i IFC-filen vi produserer, så georeferering er ikke nødvendig i hvert enkelt program.
7	Ja, se epost
8	Nei, det kommer an på hvilke kunder vi har og hva som skal utføres.
9	Jeg modellerer/tegner ikke BIM modeller. Bruker ikke nevnt brukermanual.
10	Dette blir som regel levert av andre involverte konsulent firmaer. Dersom vi selv leverer IFC blir det benyttet prosjektets definerte null-punkt.
11	Det er prosjektavhengig om IFC blir brukt eller ikke. Usikker på om buildingsmart's brukermanual blir brukt, dette ligger hos prosjektering og da som oftest hos kunde/byggherre. Men IFC blir mye brukt. Andre formater som blir mye benyttet: XML, DWG, DMI, DMR
12	
13	IFC blir benyttet på alle prosjekter. Bruker ikke noe fra Building smart
14	Ja, mest vanlige leveranseformat. Tror ikke det. Prosjekterer rett i ønsket ref.sys.
15	Nei, oftest DWG/DXF og PDF
16	Ikke for mindre prosjekter, eksempelvis eneboliger, støttemur o.l. Ellers, ja. Bruker ikke brukermanual for BIM vanligvis. Er aktuelt hvis større prosjekter. Filformat vanligvis IFC.

Spørsmål 9

Er det andre manualer/veiledninger/dokumenter dere støtter dere på? F.eks. SIMBA(statsbygg), buildingsmart prosess IDM for georeferering, Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM o.l.?

1	Vi støttes oss på DiBKs veileder P13: https://test-bimvalbygg.dibk.no/
2	Nei
3	Avhengig av prosjekter og kunder
4	Vi har kopiert andres kommuner veiledere som vi har valgt å benytte. Tilpasset eget.
5	Ja, innimellom også SIMBA sine krav anvendes.
6	Nei.
7	se utkast til ny geodesistandard i epost
8	Ikke relevant
9	Nei
10	Medfølger som regel egne veiledninger og manualer vi som entreprenør må forholde oss til i det aktuelle prosjektet.
11	Nei, ikke meg bekjent
12	
13	Lite, Men absolutt Simba
14	Pr. Nå er svaret nei – å prosjektere lokalt er i vårt virke (ViaNova/Aas Jakobsen-nettverket) nokså uaktuelt.
15	ikke pr idag
16	Sjeldent.

Spørsmål 10

Har dere utarbeidet en egen manual som ansatte skal følge?
Hvis ja, kan du skrive kortfattet hva denne manualen sier?

1	-
2	Nei
3	Vi har en forenkelt instruks som beskriver hvordan et prosjekt settes opp helt i starten. I oppdrag hvor vi har ansvar for plassering skal det brukes et 3D skann som utgangspunkt. Vi etablerer en Site fil og modellfiler benytter sitefilen for å definere georefering i modeller.
4	Ja, den stiller krav til Projeksjon og format BIM modellen skal leveres i.
5	Nei, vi har ikke noen egen manual for dette, men en slags "beste praksis" per fag. Det er litt ulike metoder for ulike fag og programvare.
6	Nei.
7	se epost
8	
9	Nei
10	Ikke foreløpig.
11	Det pleier å være en prosjektspesifikk BIM-Manual/digital gjennomføringsplan som skal følges. Der står info om koordinat og høydesystem samt origo for prosjektet dersom det er aktuelt. Og mye annen info som hvilke digitale verktøy som benyttes, filnavnstruktur, hvilke filformater som skal være tilgjengelig til hvilke fag og innhold av disse.
12	Vi har definert BIM gjennomføringsplan og Bim Manual
13	Ja, har utarbeidet egen manual for bygg. Jobber med det samme for anlegg. Omhandler gereferering, hva som skal modelleres, programvareversjoner osv.
14	For hvert prosjekt utarbeider vi en BIM-manual. Denne gjelder på tvers av fagene og vil ha en rekke vedlegg ut fra størrelse/omfang på prosjektet vedr. prosjektering. Kjernen i manualen er hvilken dataflyt prosjektet skal ha mht. modellene som skal skapes og hvilken modenhet (MMI) de skal ha til hvilken tid/fase av prosjektet. BIM-manualen fastslår ref.sys. som gjelder for prosjektet.
15	Nei
16	Ja, en enkel en. Forteller litt om standard referansesystem og hvilken kartprojeksjon som skal velges. Deretter gis smørbrøddliste om hvilke knapper som trykkes på i programmet for å få opparbeidet modell og utlevert BIM for samhandling.

Spørsmål 11

Hvordan er dataflyten gjennom et prosjekt? Hvilken projeksjon er grunnlaget?
Hvilken projeksjon blir det prosjektert i?

Har det hent at du henter ut koordinater i UTM for så å transformere til NTM og oppdaget en målestokkfeil i løpet av prosjektet?

Når jorden, som er en ellipsoide, skal fremstilles på et flatt kart, så vil avstanden på kartet og avstanden på jorda avvike noe. Målestokken til EUREF89 er 0,9996 og avviket er -400ppm(se figur). NTM har målestokk 1,000 med et avvik på 11ppm(se figur). Årsaken til at målestokkfeilen er større hos UTM er at hver sone er mye større. Hele Norge dekkes av sone 31 til sone 36(Bruker kun 32, 33 og 35 til daglig) mens NTM har hele 25 soner for å dekke Norge.(sone 5 til sone 30). I NTM har hver sone bredde på 1 grad, noe som betyr at målestokkfeilen er større syd i landet sammenliknet med nord da sonene naturligvis er smalere i nord.

1	-
2	Ikke relevant, vi har ikke behov for data med mm nøyaktighet og vil ikke oppdage disse målestokk-feilene.
3	Vi benytter stort sett NTM. Å oppdage feil er noe som kan oppstå i ulike faser. Ved prosessering av data f.eks skanning og kontroll er laget i NTM mens det brukes målestokk på totalstasjon er enkelt å oppdage, spesiell i oppdrag hvor vi har prosjektobjekter med større dimensjoner (f.eks flere hundre meter). Dette er veldig sjelden, men kan være et eksempel. Akkurat fordi vi lager data selv i mange oppdrag har vi ganske god kontroll. Slike feil ser vi når vi får modeller eller data fra leverandører. Det er også lignende utfordringer man får, når et prosjekt bytter koordinatsystem underveis. Mens modeller som lages for utbygging bør leveres i NTM systemer, krever fortsatt kommuner all grunnlag til regulering i UTM. Dette er noe som skaffer forvirring i flere oppdrag. Vi velger å bruke NTM hele tiden og konvertere kun det som man har behov for å levere dokumentasjon for regulering i UTM32.
4	mottak --> skrelling av data vi ikke trenger til visualisering --> kontroll av etasjenivå --> definere projeksjon --> georeferere --> overføre til arcgis Online. projeksjon defineres som epsg: 25832 eller 25833 etter behov. dette fordi det må sammenstilles med andre geografiske data som er i UTM.
5	Grunllagsdata (kart m.m.) hentes ut fra ulike kilder og konverteres til NTM, hvis nødvendig. Noen programvare slik som Novapoint og Civil 3D jobber direkte i NTM. BIM-programvare som Revit, ArchiCad og Tekla jobber i lokalnull og har en referanse til NTM, altså en omregning.
6	Vi jobber alltid i samme projeksjon gjennom hele prosjektet hvis det er mulig. Det foretrukne er NTM. Noen offentlig register har ikke NTM og noen krever at vi leverer data tilbake i UTM. I disse tilfellene har ikke målestokkfeilen eller avvik i transformasjonen hatt noen betydning. Det viktige er at grunnlaget blir transformert FØR det brukes til å prosjektere på. Da kan man se bort fra målestokkfeil/transformasjonsfeil. Transformerer et prosjektert grunnlag vil man kunne få grove feil som ikke kan neglisjeres. Dette gjør vi ALDRI.
7	Tabellene kjenner jeg igjen fra min egen artikkel i Kart og plan nr. 2, 2008: http://www.kartogplan.no/Artikler/KP2-2008/En%20sekundaer%20kartprojeksjon%20i%20Norge.pdf Endringer fra denne: Etter en diskusjon ble det bestemt å velge sonebredde 1 grad, offset øst = 100000 og offset nord = 1000000m,

8	Vi prosjekterer svært sjeldent selv, og hvis vi gjør det er det alltid i et allerede pågående prosjekt der koordinatsystem allerede er valgt (99% UTM eller NTM)
9	Som regel er konverterer jeg alt jeg mottar av modeller eller ingenting. Da blir en eventuell feil gjennomgående. De gangene dette blir gjort er dette på mindre prosjekter der toleransekrav er mindre strenge enn på feks. på bru konstruksjoner. Jobber hovedsaklig på anlegg med infrastruktur og vei(ikke konstruksjoner)
10	I prosjekter med strengt toleransekrav, spesielt i XY-plan benyttes NTM. Konstruksjoner og bygg, tunnel, etc. UTM fases noe ut, men kan benyttes på anlegg som ikke krever så strenge toleranse. For eksempel Vann og avløps-prosjekter, etc.
11	Dataflyt gjennom et prosjekt pleier å være god. Prosjektering pleier å skje i samme koordinatsystem som benyttes ved utførelse. For bygg har det tidligere vært mest normalt og bruke NTM mens for Anlegg er UTM mye brukt, så har man andre lokale nett som Oslo lokal og Bærum lokal som noen eksempler. Men det har blitt mer normalt å bruke NTM til bygg og anlegg. Som hovedregel gjør vi ikke transformasjoner. Men i de tilfellene vi gjør dette, er det med bevissthet på hvilke arbeidsoppgave som skal utføres og nøyaktigheten som kreves for utførelsen, så et avvik som følge av transformasjonen skal være ubetydelig om vi gjør en transformasjon.
12	
13	Vi arbeider som regel i NTM. Men særlig mindre kommuner har manglende kompetanse på dette. Hender vi må konvertere om.
14	I tidligere jobber som geomatiker har vi "tatt tyren ved hornene" slik at nettopp målestokksfeil ikke oppstår. Dette er etter min mening en av oppgavene som inngår i rollen som ansvarlig selskap med ansvarsrett for oppmålingsteknisk prosjektering (ref. Geomatikk Survey/Anko).
15	Mindre prosjekter i EU89UTM, større i NTM- men dette avhenger av arkitekter som er tidligere inne i saken
16	Noen ganger bestemmer vi plassering og "alt". Noen ganger får vi føringer fra annen prosjekterende eller BIM-ansvarlig. UTM32 er vanlig projeksjon og utgangspunkt. Nei.

Spørsmål 12

Tar dere hensyn til at målestokkfeilen øker med høyden over ellipsoiden? Eventuelt hvordan?

1	
2	Ikke relevant
3	Vi prøver å unngå UTM32 når det gjelder bygging. Dette her er en vanskelig oppgave som jeg tror veldig få har kunnskap om og gjør noe.
4	nei
5	Nei, det kjenner jeg ikke til at er tatt hensyn til.
6	Dette blir tatt hensyn til ved utsetting ved at riktig projeksjon og geoide legges inn i instrumentet. Riktig ppm regnes da ut automatisk.
7	se artikkelen i Kart og plan nr. 2 -2008
8	
9	Benytter Geoidmodell. NN2000.
10	I utgangspunktet ikke, det vurderes hvilket toleranser som kreves for gjennomføring av prosjektet med hensyn til involverte fagdisipliner og valg av koordinatsystem.
11	Sjeldent vi behøver å ta hensyn til dette. Det jeg kan komme på stående fot, er data fra dronedeflyvning som vi på et punkt måtte høydejustere på grunn av dette. Da ble en nettside jeg ikke husker navnet på brukt, der høydeavviket ble opplyst i kart. Vi behøvde da bare å gå inn på området for prosjektet, fant avviket og høydejusterte dataen i Gemini, og kontrollerte dette opp mot fastmerker for drone.
12	
13	Feilmargin korrigeres automatisk av totalstasjonene når vi bruker UTM (korreksjonen legges inn i totalstasjonen).
14	- som over
15	nei, lager lokale tilpasninger og jobber i målestokk 1
16	Nei.

Spørsmål 13

Har du noen egne kommentarer til temaet?

1	En viktig faktor i dette arbeidet som ikke er nevnt er meridiankonvergens. "Sann Nord". I UTM vil jo denne ha større svigninger enn NTM og kan ha avgjørende effekt for visning og plassering i modell.
2	Vi får BIM-modeller levert til oss og ønsker at BIM-manualene blir levert sammen. Spesielt viktig er det at modellen er georeferert i det hele tatt.
3	Ingen kommentarer. Lykke til med oppgaven :)
4	Kommunen lager ikke selv BIM modeller, men mottar dem til videre prosjektering --> gjerne for prosjektutviklere og arealplanleggere som tar videre vurderinger. på Offentlig bygg vil byggherre (kommunen) be arkitekter justere modellen etter behov og ønske for å håndtere tekniske og miljømessige faktorer som finnes lokalt. Vi ender ofte derfor med flere ulike versjoner av BIM modellen.
5	Igrunn ikke.
6	Ta gjerne kontakt om du lurer på noe! Terje Gilde terje.gilde@implenia.com Mobil.: 90665128 Kommer til NMBU 18. april om du ønsker å ta en prat.
7	
8	Om det er mange aktører inne uten at det er noen god styring i prosjektet kan det føre til mye plunder og heft. Vi avsluttet nettopp et prosjekt der, i et avgrenset område, var det valgt NTM10 som koordinatsystem, mens i prosjektet rundt var det valgt UTM32. Som entreprenør var det vår oppgave å få infrastrukturen som krysset dette grensesnittet til å "henge sammen". Modellbasert BIM er avhengig av et lokalt nullpunkt og man kan ikke uten videre ha et transformerbart nullpunkt mellom 2 koordinatsystemer.
9	Om jeg ikke har svart ut et spørsmål du mener jeg kunne svart/jeg har misforstått så kan jeg kontaktes på petter.hjartland@md.no
10	
11	Om svarene over er uklare, eller at jeg ikke svarte ut spørsmålet slik du har tenkt, er det bare å ta kontakt over telefon. 46 42 73 04
12	
13	Vi venter med spent på nye IFC alignment..... Er den bra nok til stikning?
14	Bevisstheten alle som jobber med stedfestet informasjon MÅ ha, er at det må skilles på modeller i skala 1:1 og kartinformasjon i globale referansesystemer. Skal disse settes sammen, må det skilles på transformasjon og translasjon/rotasjon, slik at modeller ikke deformeres eller medfører feil plassering.
15	
16	Lykke til med Masteroppgaven. :)



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway