

Petter Langenes

# På vei mot universell helsedekning

En GIS-studie av helsetilbudet i Namibia

Masteroppgave i geografi  
Veileder: Jan Ketil Rød  
Trondheim, mai 2018

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap  
Institutt for geografi

## Abstract

Access to healthcare varies widely depending on where you live, and who you are. Previous research on healthcare have usually studied the concept of access as either spatial availability, or the socioeconomic aspects of access. However, the increased sophistication of Geographical Information Systems (GIS) enables us to study the relationship between these tranches. This thesis is written as a part of the *GeoHealthAccess project* and consists of two article manuscripts, in addition to an explanatory text linking the articles together. The first article to be presented is “*Using perceived and measured access to healthcare in order to identify barriers and vulnerable areas in Namibia*” which examines accessibility by combining individual perception data and network-measurements. The article identifies the location within the study area that are most vulnerable, which means that the population scores below average on measured and perceived access to healthcare. The next article, which is written in Norwegian; “*A comparison of raster- and network-based calculations of the healthcare coverage in Namibia*” examines accessibility as purely geographical. By using two separate analysis, respectively raster- and vector-based measures, the article identifies the most suitable locations of a new hospital, in addition to the coverage rate of each health district.

## Sammendrag

Tilgang på helsetilbud varierer avhengig av hvor man bor, og hvem man er. Tidligere forskning på helsetilbud har vanligvis studert konseptet tilgjengelighet som enten romlig tilgjengelighet, eller de sosioøkonomiske aspektene knyttet til temaet. Utviklingen innen Geografiske Informasjonssystemer (GIS) har likevel gjort det mulig å studere forholdet mellom disse retningene. Denne avhandlingen er skrevet som en del av prosjektet *GeoHealthAccess*, og består av to artikler i tillegg til en overbygning. Den første artikkelen, som er skrevet på engelsk; «*Using perceived and measured access in order to identify barriers and vulnerable areas in Namibia*» studerer tilgjengeligheten ved å kombinere individuelle opplevelsesdata med nettverksberegninger. Artikkelen identifiserer det mest sårbare området innenfor studieområdet, altså der befolkningen scorer under gjennomsnittlig både på målt og opplevd tilgjengelighet til helsetilbud. Den neste artikkelen; «*En sammenligning av raster- og vektorbaserte beregninger av helsedekningen i Namibia*» baserer tilgjengeligheten kun på geografisk avstand. Ved å benytte to separate analyser, henholdsvis raster- og vektor, identifiseres den mest egnede plasseringen for et nytt sykehus, i tillegg til helsedistriktenes respektive dekningsgrader.



## Forord

Denne oppgaven markerer slutten på fem fantastiske år som lektorstudent i geografi ved NTNU. Årene har vært lærerike og engasjerende, med spennende feltkurs og gode forelesninger. Arbeidet med masteroppgaven har i tillegg til å være utfordrende, også vært svært givende. Å få ta del i et prosjekt, og studere et viktig tema, har gjort arbeidet interessant og spennende.

Jeg vil først og fremst rette en stor takk til min veileder, professor ved Geografisk Institutt Jan Ketil Rød, for utmerket veiledning. Takken rettes ikke bare mot veiledningen av masteroppgaven, men også for at du har inkludert meg i prosjektet, og gitt meg muligheter som jeg ellers ikke ville hatt. Det settes pris på.

Jeg vil også rette en stor takk til SINTEF og alle involverte i GeoHealthAccess-prosjektet som lot meg ta del i det spennende prosjektet. Det har vært lærerikt å se hvordan dere jobber, og ikke minst hvordan et slikt prosjekt gjennomføres. Det settes også stor pris på at jeg får ta del i turen til Malawi, og følge opp arbeidet som har blitt gjort i masteroppgaven.

Jeg vil også få sende en takk til alle mine studiekamerater som har gjort disse fem årene til en fryd. Ingen nevnt, ingen glemt. Og helst til sist, men ikke minst, takk til Kristin for at du har orket å høre masterpratet mitt, og til familien min som alltid støtter opp.



# Innholdsfortegnelse

Abstract/Sammendrag .....	i
Forord .....	iii
Forkortelser .....	vii
Figurliste .....	ix
Tabelliste .....	xi

## Overbygning

1. Innledning .....	3
2. Studieområdene .....	4
3. Helsesituasjonen i Namibia .....	6
4. Raster og vektor .....	8
5. Beregning av tilgjengelighet .....	10
5.1. Nettverksanalyse .....	10
5.2. Cost-path-analyse .....	12
5.3. Euklidsk beregning .....	13
6. Oppsummering .....	15
7. Referanseliste .....	17

## Artikkel 1: “Using perceived and measured access to healthcare in order to identify barriers and vulnerable areas in Namibia”

1. Introduction .....	21
2. Background .....	24
3. Study area, research method and data .....	26
3.1. Study area .....	26
3.2. Data .....	27
3.3. Method .....	31
3.3.1. Satisfaction-adjusted distance .....	32
3.3.2. Utilization .....	34
4. Results .....	35
4.1. Barriers .....	39
4.2. Vulnerable areas .....	41
5. Discussion .....	43

6. Conclusion, limitations and future research directions .....	44
7. References .....	46

## **Artikkel 2: «En sammenligning av raster- og vektorbaserte beregninger av helsedekningen i Namibia»**

1. Innledning .....	51
2. Tidligere forskning .....	53
3. Studieområde, data og metode .....	55
3.1. Studieområde .....	55
3.2. Datakilder og bearbeiding av data .....	56
3.3. Metode .....	58
3.3.1. <i>Raster</i> .....	59
3.3.2. <i>Tilgjengelighetsanalyse</i> .....	60
3.3.3. <i>Dekningsanalyse</i> .....	62
3.3.4. <i>Forslag til lokasjon av nytt sykehus</i> .....	63
3.3.5. <i>Vektor</i> .....	64
3.3.6. <i>Serviceområder</i> .....	64
3.3.7. <i>Dekningsgrader</i> .....	65
3.3.8. <i>Forslag til lokasjon av nytt sykehus</i> .....	66
3.3.9. <i>Raster vs. Vektor</i> .....	67
4. Resultater .....	68
4.1. Raster .....	68
4.2. Vektor .....	79
5. Diskusjon .....	85
6. Konklusjon og forslag til videre forskning .....	89
6.1. Forslag til videre forskning .....	90
7. Referanseliste .....	91

## Forkortelser

<b>Forkortelser</b>	<b>Forklaring</b>
DHHS	US Department of Health and Human Services
DHM	Digital høydemodell
$D_i$	Individuell reisedistanse
FN	Forente Nasjoner
GIS	Geografiske Informasjonssystemer
HPSA	Health Professional Shortage Areas
Km	Kilometer
Km/t	Kilometer i timen
m	Meter
m	Gjennomsnittlig opplevelsesscore
Min	Minutter
MoHSS	Ministry of Health and Social Services
NSA	Namibia Statistics Agency
$Q_i$	Individuell opplevelsesscore
RCMRD	Regional center for mapping resource for development
SAD	Satisfaction-adjusted distance
Sq.km	Kvadratkilometer
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
WHO	Verdens helseorganisasjon





## Figurliste

### Overbygning

Figur 1: Studieområder benyttet i artikler .....	5
Figur 2: Arealdekke i Namibia .....	6
Figur 3: Helsefasiliteter benyttet i artiklene .....	7
Figur 4: Oppbygning av en vektormodell .....	8
Figur 5: Beregning av cost-path .....	9
Figur 6: Tilknytning mellom knutepunkter .....	10
Figur 7: Forskjell mellom hierarkisk og ikke-hierarkisk nettverk .....	12
Figur 8: Illustrasjon av en cost-path-analyse .....	13
Figur 9: Nettverk vs. Euklidsk beregning av tilgjengelighet .....	14

### **Artikkel 1:** *Using perceived and measured access in order to identify barriers and vulnerable areas in Namibia*

Figure 1: Study areas .....	26
Figure 2: Population density, settlement population and distribution of facilities ...	27
Figure 3: Illustration of a cluster .....	29
Figure 4: Illustration of the total distance measure .....	30
Figure 5: Closest facility vs. Utilized facility .....	34
Figure 6: SAD-impact on a cluster .....	36
Figure 7: Connection between travel distance and satisfaction scores .....	40
Figure 8: 17.8km service areas representing the average travel distance .....	42
Figure 9: Number of participants located outside the service areas .....	43

### **Artikkel 2:** *En sammenligning av raster- og vektorbaserte beregninger av helsedekningen i Namibia*

Figur 1: Fordeling av befolkning pr. 2011 .....	56
Figur 2: Oversikt over steg i analysen .....	59
Figur 3: Beregning av reiserute i et raster .....	60
Figur 4: Tilgjengelighet basert på to timers reisetid .....	62
Figur 5: 30, 60, 90 og 120 minutters reisetid fra Dordabis-klinikken .....	65

Figur 6: Beregnet dekningsgrad basert på 30 minutters reisetid .....	66
Figur 7: Tilgjengelighetsområder; 30, 60, 90 og 120 minutter .....	69
Figur 8: Tilgjengelighetsområde for fotgjengere .....	69
Figur 9: Dekningsområde basert på 120 minutters reisetid .....	71
Figur 10: Dekningsgrader pr. helsedistrikt .....	74
Figur 11: Romlig fordeling av 91 fasiliteter med ubenyttet kapasitet .....	75
Figur 12: Forslag til lokasjon av nytt sykehus .....	78
Figur 13: Dekningsgrader for henholdsvis 30, 60, 90 og 120 reiseminutter .....	79
Figur 14: Romlig fordeling av dekningsgrader .....	82
Figur 15: Mottatte helseressurser sett i lys av en rettferdig fordeling .....	83
Figur 16: Antall individer utenfor serviceområde .....	84
Figur 17: Forslag til lokasjon av nytt sykehus basert på befolkningsvekting .....	85
Figur 18: Forskjell mellom generalisert vektor og detaljert raster .....	87
Figur 19: Sammenligning av raster og vektor .....	88

## Tabelliste

### **Artikkel 1:** *Using perceived and measured access in order to identify barriers and vulnerable areas in Namibia*

Table 1: Possible outcomes of perceived and measured access .....	25
Table 2: Distribution of participants .....	28
Table 3: List of questions and statements from the survey .....	28
Table 4: Travel-speed classification .....	31
Table 5: Example of an individual SAD-calculation .....	35
Table 6: SAD-variation within a cluster .....	38
Table 7: Average score for each barrier .....	39
Table 8: Facility-ranking based on satisfied clients .....	41
Table 9: Possible outcomes of perceived and measured access .....	42

### **Artikkel 2:** *En sammenligning av raster- og vektorbaserte beregninger av helsedekningen i Namibia*

Tabell 1: Klasseinndeling for arealdekke .....	57
Tabell 2: Oversikt over benyttet datamateriale .....	58
Tabell 3: Tillagte hastigheter for arealdekke og vegsegmenter .....	61
Tabell 4: Datatyper og romlig oppløsning .....	67
Tabell 5: Veghierarki .....	67
Tabell 6: Kapasitet på regionalt nivå .....	70
Tabell 7: Dekningsgrad pr. helsedistrikt .....	72
Tabell 8: Dekningsgrader uten hensyn til kapasitet .....	76
Tabell 9: Alternative kapasitetsgrenser for et nytt sykehus .....	77
Tabell 10: Prosentvis dekningsgrad pr. distrikt .....	80



# Overbygning



## 1. Innledning

Barn som blir født i dag har svært ulike forutsetninger for et langt liv, avhengig av hvor i verden de blir født. Mens vi i Norge ifølge WHO (2015a) kan forvente å leve i 82 år er situasjonen en helt annen i mange utviklingsland, deriblant Namibia med en forventet levealder på 66 år. I likhet med andre helsepolitiske felt er faglitteraturen innenfor helsetilgang stor, mangfoldig og kompleks, bestående av både kvalitative og kvantitative tilnærminger til studiet (Dixon-Woods et al., 2006). Selv om vi til stadighet blir påmint de globale ulikhetene via medier og veldedighetskampanjer er det trolig liten bevissthet rundt forskjellene innad i de vanskeligstilte landene, som for eksempel forholdene i Namibia i Sør-Vest i Afrika som denne studien har i fokus. Ved å identifisere de lokale forholdene, bevisstgjøre om helsesituasjonen, samt begrunne hvordan studier av helsetilgang kan gjennomføres søker de kommende artikkeltekstene å bidra til en mer rettferdig fordeling av helsetilbudet i Namibia, i tillegg til å fremheve betydningen av opplevde barrierer knyttet til helsetilgang.

I tillegg til de dramatiske ulikhetene mellom industrialiserte- og utviklingsland kan en også se tydelige forskjeller innad i et land. Ifølge WHO (2009) er det en tendens at helsetilbud følger sosial status og posisjon, altså: jo lavere sosioøkonomisk posisjon – desto større sannsynlighet for helseproblemer. Dixon-Woods et al. (2006) poengterer at det har vært en økt oppmerksomhet rundt sosiale ulikheter fra bl.a. helsefagarbeidere og profesjonelle, men at dette ikke har ledet til betydelige forbedringer av situasjonen. Blant organisasjonene som kjemper mot de sosiale forskjellene i tilgang på helsetilbud er FN, som med sine bærekraftsmål har som mål å legge til rette for universell helsedekning innen 2030 (FN-Sambandet, 2018). Ved å presentere to ulike fremgangsmåter, henholdsvis med- og uten vekt på innbyggernes opplevelser, bidrar de kommende artiklene med forslag for å maksimere fordelingen av ressursene, kartlegge helsedistriktene status, samt bidra med en individorientert tilnærming til studiet av helsetilgang.

Artiklene som ligger til grunn for denne overbygningen er; «*Using perceived and measured access to healthcare in order to identify vulnerable areas in Namibia*» (heretter kalt artikkel 1) og «*En sammenligning av raster- og vektorbaserte beregninger av helsedekningen i Namibia*» (heretter kalt artikkel 2). I tillegg til å presentere studiene vil overbygningen se nærmere på de metodiske tilnærmingene og strukturene som er benyttet for å modellere tilgjengeligheten av helsetilbud. Ved å presentere de metodiske strategiene nærmere er målet å skape en forståelse for valgene som er gjort i analysene, samt å vise mulighetene som finnes

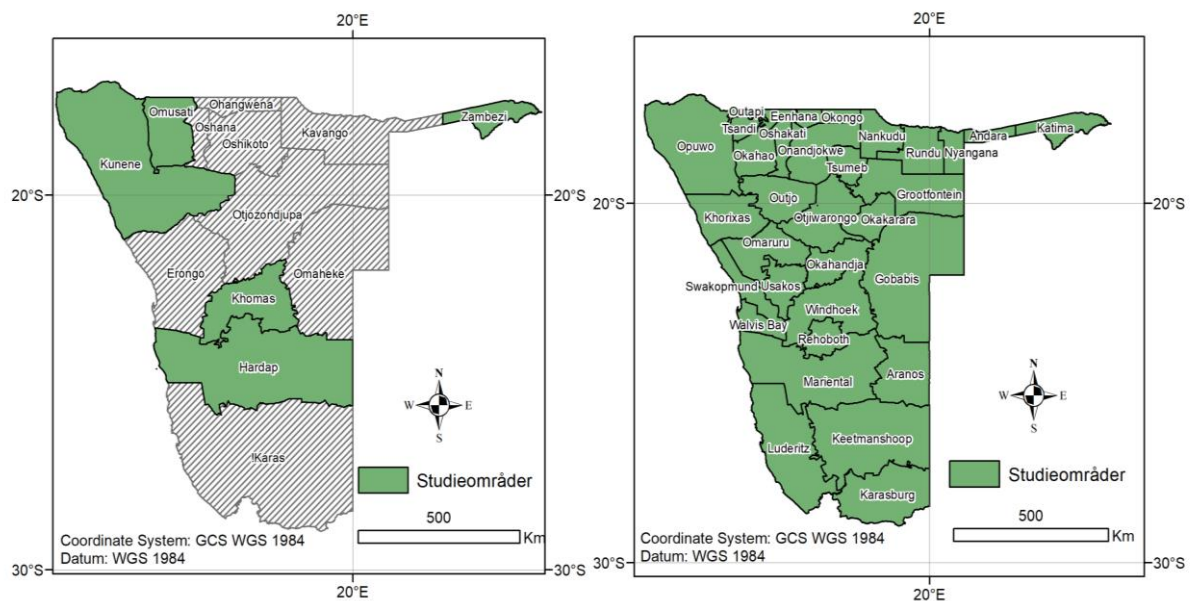


i studier av tilgjengelighet. De benyttede strategiene vil videre knyttes opp mot ulike beregninger av tilgjengelighet som er benyttet i andre studier. Overbygningen har dermed som mål å underbygge artiklenes validitet og reliabilitet, i tillegg til å vise til de mange mulighetene innen tilgjengelighetsstudier.

Overbygningen er bygget opp på følgende måte. Aller først vil de to studieområdene presenteres, i tillegg til en kort presentasjon av helsesituasjonen i Namibia. Deretter vil studiene knyttes sammen og sammenlignes før det videre presenteres en kort sammenligning av raster- og vektorbaserte analyser i Geografiske Informasjonssystemer (GIS). Etter dette ser vi nærmere på ulike måter å beregne tilgjengelighet, henholdsvis ved hjelp av nettverksanalyser, cost-path-analyser og Euklidske tilnærminger. Avslutningsvis knyttes de overnevnte stegene sammen i en oppsummering der vi ser på fordeler og ulemper ved de ulike tilnærmingene.

## **2. Studieområdene**

I følge Namibiske helsemyndigheter (MoHSS & ICF-International, 2014) er de største utfordringene i helsetilbudet knyttet til landets geografi, der en betydelig andel av befolkningen er lokalisert mer enn 300 km unna nærmeste helsefasilitet. I samme rapport ble det også konkludert med at reisekostnader, samt kostnader knyttet til medisinsk behandling, medførte ulikheter i helsetilbudet. For å identifisere ulikhetene innad i landet, med vekt på de utfordringene som fremlegges i rapporten, er det i artiklene benyttet to ulike studieområder, henholdsvis én artikkel som studerer hele landet, mens én tar for seg fem utvalgte regioner. Den landsdekkende studien (*artikkel 2*) vektlegger i størst grad tilgjengelighet til fasilitetene basert på modellert reisetid, mens studien for fem regioner (*artikkel 1*) fokuserer på reiseavstander og folks respektive opplevelser av økonomiske og fysiske forutsetninger for å nå helsefasilitetene, samt opplevelsen av helsetilbudets kvalitet. Studieområdene skiller seg også fra hverandre, som illustrert i figur 1, ved at artikkel 2 benytter helsedistrikter som skillesoner, mens artikkel 1 benytter administrative (regionale) soner.

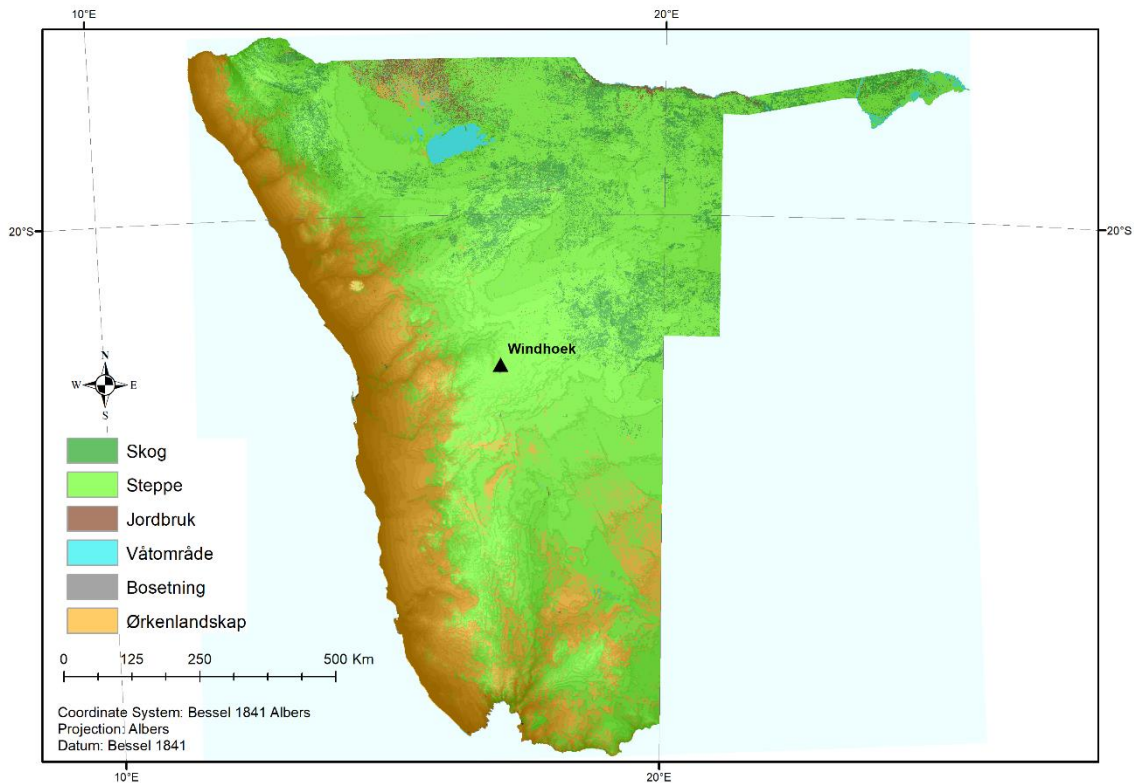


Figur 1: Studieområder benyttet i artikler. Til venstre: artikkel 1 – til høyre: artikkel 2

Denne masteroppgaven er skrevet som en del av prosjektet *GeoHealthAccess* (SINTEF, 2016) som er et oppfølgingsprosjekt av *EquitAble* (Mannan, 2009). Det var Namibias spredte befolkning, og utfordrende helsesituasjon som var bakgrunnen for dette studieområdet. Gjennom en omfattende spørreundersøkelse samlet *EquitAble* inn data om befolkningens opplevelser knyttet til helsetilbudet, noe som videre er benyttet i dette prosjektet i form av georeferert datamateriale. De fem utvalgte studieområdene som benyttes i artikkel 1 består av én sentral region; Khomas, med et stort utvalg av helsetilbud, i tillegg til Kunene, Omusati, Zambezi og Hardap som representerer ulike sårbarhetsfaktorer som; fattigdom, funksjonshemninger og etniske minoriteter. Ved å benytte individorienterte opplevelsedata innad i de fem administrative regionene søker artikkel 1 å identifisere de mest sårbare områdene. Det vil si områder der befolkningen har over gjennomsnittlig lang reiseavstand til benyttet helsefasilitet, i tillegg til at de har under gjennomsnittlig score på de opplevde kriteriene som benyttes.

Artikkel 2 på sin side dekker alle landets 34 helsedistrikter. I motsetning til artikkel 1 integreres både topografi og arealbruk, noe som gjør at transport også modelleres utenfor de integrerte vegsegmentene. Med en kompleks topografi, bestående av ørken, steppelandskap og høydeplatåer kan det være utfordrende for avsidesliggende individer å oppsøke medisinsk behandling i landet. Som illustrert i figur 2 dekkes store deler kysten mot Atlanterhavet av Namibørkenen, i tillegg til at deler av grensen i øst dekkes av Kalahariørkenen. Hovedstaden Windhoek derimot ligger plassert på høyden av Sentralplatået sentralt i landet, et platå som

strekker seg fra sør til nord i landet. Ved å integrere topografi og arealbruk søker dermed artikkelen å beregne tilgjengeligheten til helsetilbud i en virkelighetsnær modell som i tillegg til å beregne distanser langs vegnettverk også tar stilling til underlag og terreng som forseres på reisen.



Figur 2: Arealdekke i Namibia

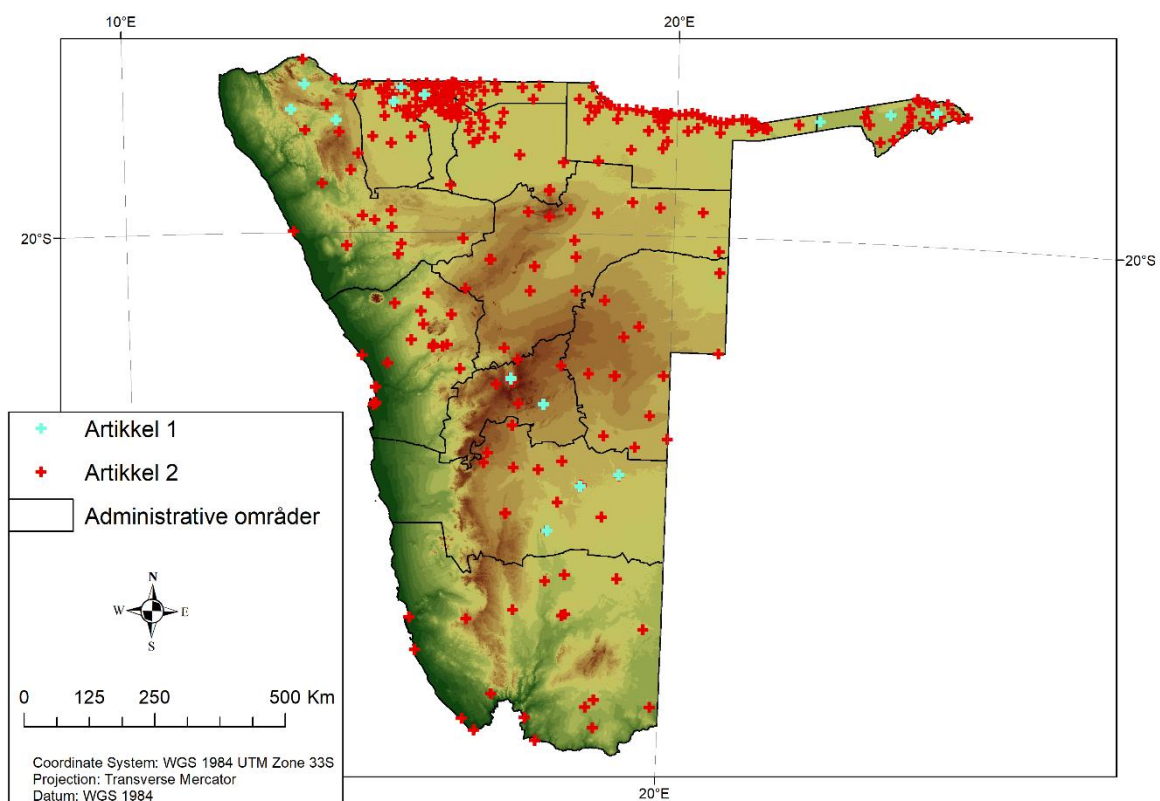
### 3. Helsesituasjonen i Namibia

Selv med betydelige investeringer i helsesektoren de senere årene, sliter Namibia ifølge MoHSS (2014) med utbredelse av flere livstruende sykdommer. Blant sykdommene som medfører flest dødsfall finner man HIV/AIDS med en nasjonal utbredelse i 2012 på 25,4 %, mens slag, luftveisinfeksjoner, hjerteinfarkt og diabetes følger på plassene bak (WHO, 2015b). I tillegg rammes de nordlige områdene i landet av tuberkulose og malaria-utbrudd som medfører store kostnader for helsesektoren.

Befolkningen i landet har tilgang til tre typer helsetilbud, nemlig; offentlige, private og veldedige fasiliteter. Ifølge MoHSS (2014) har omtrent 85% av befolkningen tilgang på offentlige- og veldedige, mens de resterende 15% har tilgang på private fasiliteter. Som figur 3 illustrerer er en stor andel av fasilitetene lokalisert langs den nordlige grensen mot Angola,

der det også er høyest befolkningstetthet. Likevel medfører den lave befolkningstettheten ellers i landet at mange opplever store avstander. MoHHS (2014) rapporterer også at rurale fasiliteter ofte oppleves som ineffektive, og at dette videre påvirker befolkningens bruk av fasilitetene. Fasilitetene som er markert i blått i figuren, og som benyttes i artikkel 1, representerer i dette tilfellet kun fasiliteter som utnyttes av prosjektdeltagerne. Dermed vil deltagerne kun beregnes opp mot sin benyttede fasilitet, som ikke nødvendigvis vil være den nærmeste geografisk. I tillegg vil de individorienterte opplevelsedataene kunne indikere forhold knyttet til fasilitetenes kvalitet, og hvorvidt det er forskjell mellom rurale- og urbane fasiliteter.

I figuren illustreres fasilitetene som benyttes i prosjektet. Symbolene som er markert i rødt illustrerer alle landets 334 helsefasiliteter, og som benyttes i artikkel 2. De blå symbolene representerer derimot fasilitetene i artikkel 1, og består av 15 fasiliteter spredt mellom de fem studieområdene.

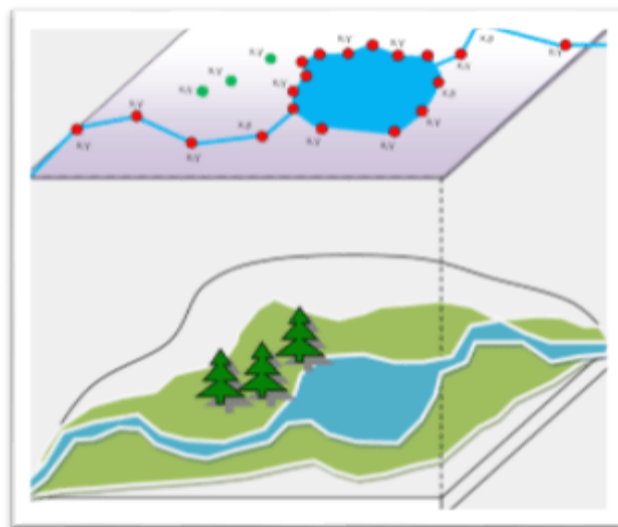


Figur 3: Helsefasiliteter benyttet i artiklene

#### 4. Raster og vektor

Romlige representasjonsformer i GIS er klassifisert inn i vektor eller raster. Det har ifølge Wade et al. (2003) vært vanlig å anse rasterberegninger som raskere å utføre, mens vektorberegninger tilbyr større nøyaktighet. De to strategiene kan i dagens GIS likevel inngå i det som betegnes som hybride analyser, som gjør det mulig å utnytte de sterke sidene både for raster- og vektor i en og samme analyse, noe som anvendes og diskuteres mer i detalj i artikkel 2. Der sammenlignes de to strategiene ved at det dannes dekningsområder rundt helsefasilitetene, henholdsvis ved å bruke en rasterbasert cost-path-analyse og en vektorbasert nettverksanalyse.

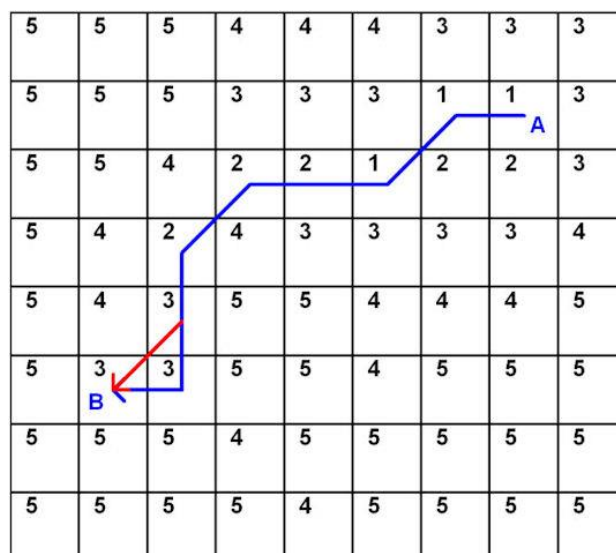
Vektor defineres av ESRI (2018b) som en koordinatbasert modell som representerer geografiske fenomener som enten punkt, linje eller polygon. De tre ulike geometriene blandes ikke, men ulike tema lagres i temalag som enten er et punkttema, linjetema eller polygontema (Rød, 2015). I tilgjengelighetsstudiene som er gjennomført i artiklene kombineres ulike temalag for å beregne reisetider og -avstander fra et startpunkt til et sluttpunkt, også kalt knutepunkter. Mellom start- og sluttknutepunktet er det flere knekkpunkter som representerer linjeforløpet, som i en vektorbasert analyse bl.a. kan illustrere et vegsegment. Hvert objekt i kartet, eksempelvis et vegsegment, er videre koblet til en rad i egenskapstabellen som inneholder informasjon om objektet. Attributtene muliggjør blant annet avanserte beregninger av reisetider ved hjelp av hierarkiske nivåer, som presenteres senere i teksten. Figur 4 illustrerer hvordan de ulike geometriske figurene er bygget opp av punkter. I eksempelet vil dermed hvert tre, samt elven bestå av separate attributtabeller.



Figur 4: Oppbygging av en vektormodell. Figurkilde: GrindGIS (2015)

Den andre strategien som benyttes, rastermodellen, defineres av ESRI (2018b) som en matrise bestående av like store celler arrangert i rader og kolonner, sammensatt av enkle eller flere bånd. Innad i modellen består hver celle av en egenskapsverdi, samt koordinater. En deler i tillegg inn i to hovedkategorier for raster; diskret og kontinuerlig. Diskret tematiske raster benyttes typisk for fenomener med kjente og veldefinerte grenser, mens kontinuerlige raster vanligvis representerer geografiske fenomener hvis verdi kan variere fra posisjon til posisjon (Rød, 2015). I cost-path-analysen benyttes i så måte et diskret raster for arealbruksdata, mens kontinuerlige data brukes for høydemodellen.

I motsetning til vektordatamodellen modelleres transport i en rastermodell gjennom celler. Cellenes størrelse, eller oppløsning, vil videre definere hvor nøyaktig avstandsmålene blir. I cost-path analysen benyttes en romlig oppløsning på 200 meter for Namibia, noe som medfører at alle objekter beliggende innen en celle vil ha samme geografiske referanse. Celleverdiene, som representerer impedans i form av terreng og arealdekke, vil videre påvirke hvilke reiseruter befolkningen velger. Som illustrert i figur 5 kan vi se hvordan en slik reiserute beregnes. Tallene representerer hvilken motstand underlaget gir, altså hvilken hastighet man kan forsure cellen med. Reisen fra A til B (blå strek) vil dermed modelleres langs den ruten som gir lavest akkumulert sum, som i dette tilfellet er 15. Den røde pilen illustrerer i så måte hvordan beregningen kan gjøres diagonalt i tabellen, som i dette tilfellet vil være raskere enn å følge den blå linjen.



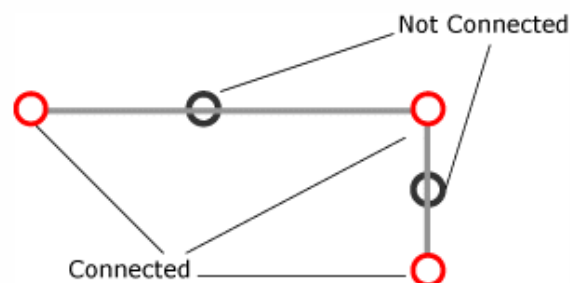
Figur 5: Beregning av cost path. Figurkilde: Herzog (2013)

## 5. Beregning av tilgjengelighet

Det finnes en rekke muligheter for å beregne tilgjengelighet ved hjelp av GIS. I en litteraturanalyse gjennomført av Higgs (2004) gis det flere eksempler på ulike tilgjengelighetsstudier, både ved bruk av Euklidske- eller nettverksberegninger i ulike kontekster. Valg av strategi vil ofte avhenge av området som studeres, men kan også bestemmes av tilgjengeligheten av data. Etersom datamodellene beregner tilgjengelighet ulikt, og muliggjør ulike analyser, presenteres tilnæringsmåtene separat i det følgende. I tillegg til den rasterbaserte cost-path-analysen og den vektorbasert nettverksanalysen, vil også Euklidske beregninger presenteres ettersom dette benyttes i deler av de gjennomførte analysene.

### 5.1. Nettverksanalyse

En nettverksanalyse, som benyttet i begge artiklene, baseres på et grunnlag av topologiske forhold og input-dataenes egenskaper (Curtin, 2007). Ved å definere relasjoner mellom ulike vegsegmenter gjør man det mulig å modellere reiseruter i kartet, og dermed hvilke områder som er innenfor et gitt dekningsområde. I en nettverksanalyse benyttes den topologiske egenskapen *forbindelse*, som gir informasjon om hvordan ulike linjesegmenter er tilknyttet (Rød, 2015). For å tilrettelegge for denne forbindelsen er man likevel avhengig av at geometriske feil uteblir, eksempelvis ved brudd i et vegnettverk. Validering av topologien kan gjennomføres i ArcGIS for å finne forbindelser mellom ulike temalag som deler geometri. Sammenknytningen i et nettverk-datasett er basert på geometriske forbindelser mellom endepunkter og knutepunkter, i tillegg til de kriteriene som settes i oppsettet av et nettverk (ESRI, 2018c). Som illustrert i figur 6 vil dermed individene forflytte seg fra punkt til punkt, men har ikke mulighet til å bryte ut av de topologiske forholdene.



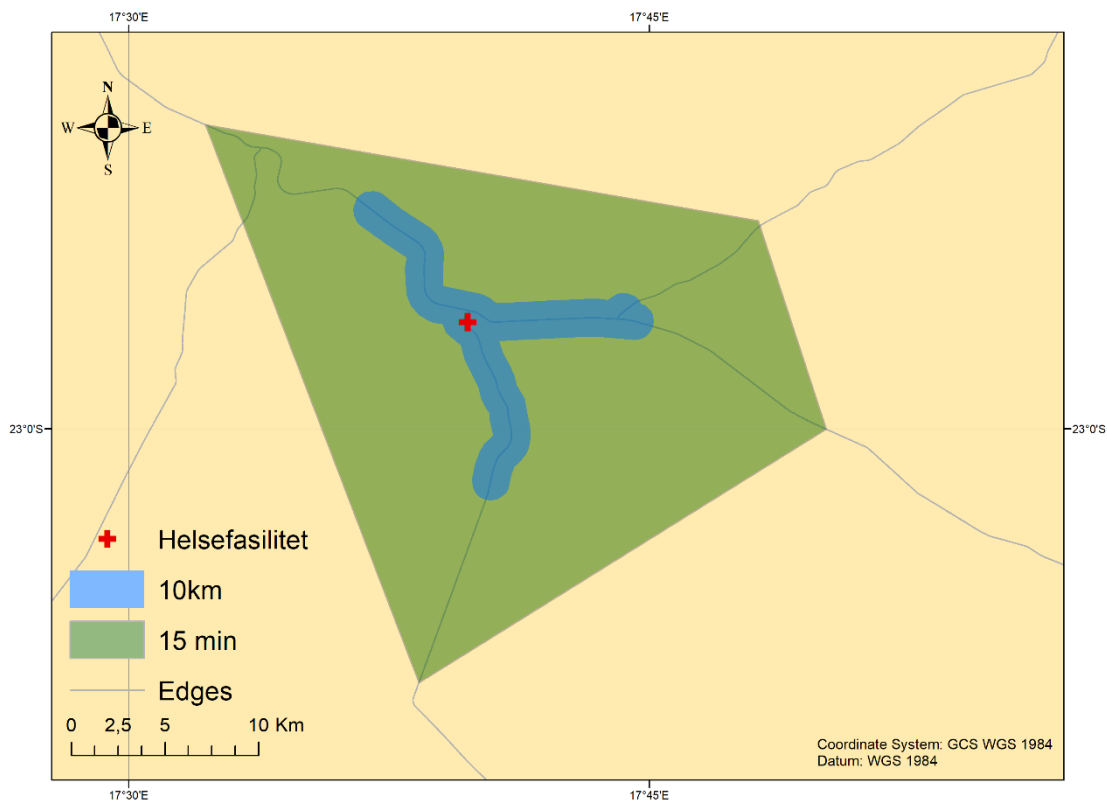
Figur 6: Tilknytning mellom knutepunkter. Figurkilde: ESRI (2018c)



I artiklene er det benyttet to ulike nettverk, henholdsvis et med innebygd hierarki, og et uten. Nettverkene ble konstruert ved å etablere topologiske forhold mellom de ulike vegklassene, i tillegg til å definere reglene for hierarkiet. Et hierarki klassifiserer linjesegmentene i ulike nivåer som skiller mellom segmentenes respektive egenskaper. Hierarkiet som er benyttet i artikkel 2 deler vegsegmentene inn i; distriktsveg (60 km/t), hovedveg (80 km/t) og stamveg (120 km/t). Ved å benytte et hierarkisk nettverk brukes en heuristisk fremgangsmåte som reduserer beregningstiden ved å lete etter høyere nivåer i hierarkiet (ESRI, 2018a). Ulempen med et slikt hierarki er at ruten aldri vil justere ned et nivå selv om dette ville medført kortere reisetid. Ettersom det kan antas at befolkningen vil benytte raskeste reiserute til en helsefasilitet, vil det hierarkiske nettverket i artikkel 2 gi en mer reell illustrasjon av reiserutene enn hva en oppnår uten hierarki.

Også innenfor en nettverksanalyse finnes det en rekke ulike måter å beregne tilgjengelighet. Det vanligste formålet med en nettverksanalyse er ifølge Curtin (2007) å minimere kostnadene ved en rute, der kostnad defineres som reisetid, distanse eller fremkommelighet. I begge analysene benyttes verktøyet som konstruerer serviceområder rundt helsefasilitetene. Ved å benytte faktorer for tilbud og etterspørsel, i dette tilfellet helsefasiliteter og klienter, beregnes den maksimale utstrekningen som kan nås innenfor et definert kriterium. I artikkel 1 brukes distanse som impedans, mens artikkel 2 bruker tid. Tiden, som defineres i antall minutter med reise, resulterer i distansen som forseres fra en helsefasilitet på den oppgitte tiden. I motsetning til artikkel 1, der serviceområdene blir konstruert ved å angi distansen som skal beregnes fra en fasilitet, kan en i artikkel 2 identifisere hvilke områder en må være lokalisert innenfor for å klassifiseres som dekket av en fasilitet. Ettersom kun et av to vegnettverk tar hensyn til vegsegmentenes hastigheter, ved hjelp av et integrert hierarki, vil utfallene av de to analysene skille seg noe fra hverandre. Det hierarkiske nettverket medfører at områder beliggende mellom to vegsegmenter også dekkes, selv om det kun er området langs bilveiene som dekkes av den definerte reisetiden. Et eksempel på dette er illustrert i figur 7. Det hierarkiske nettverket representeres med et grønt polygon der tid benyttes som impedans, mens det blå området beregner en 10 km utstrekning fra et helsetilbud, uten hensyn til hastighetene langs vegsegmentene.

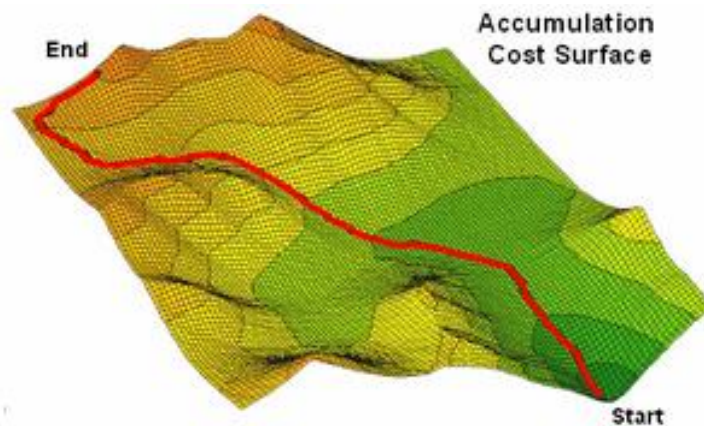




Figur 7: Forskjell mellom hierarkisk (grønn) og ikke-hierarkisk (blå) nettverk.

## 5.2. Cost-path-analyse

Den rasterbaserte tilgjengelighetsberegningen ble gjennomført i en cost-path-analyse. Ettersom det er celleverdiene i et raster som avgjør hvilken reiserute som er raskest, vil rasterets oppløsning være sentral i resultatenes nøyaktighet. For å kunne beregne den minimale kostnaden for transport i et rutenett er det ifølge Yu et al. (2003) to sentrale steg; 1) skape et akkumulert kostnadsraster bestående av alle relevante kostnadsfaktorer, og 2) integrere punktene beregningen skal baseres på. I cost-path-analysen i artikkel 2 integreres en digital høydemodell, arealbruksdata, barrierer og vegnettverk for å representere kostnadene ved å reise i rasteret. Dermed kalkuleres celleverdiene etter hvilken motstand hver celle kan yte, altså hvor lang tid det tar å forsere en celle. Som illustrert i figur 8 vil den resulterende reiseruten identifisere den strekningen med lavest friksjon.



Figur 8: Illustrasjon av en cost-path-analyse. Figurkilde: Innovative GIS (2003)

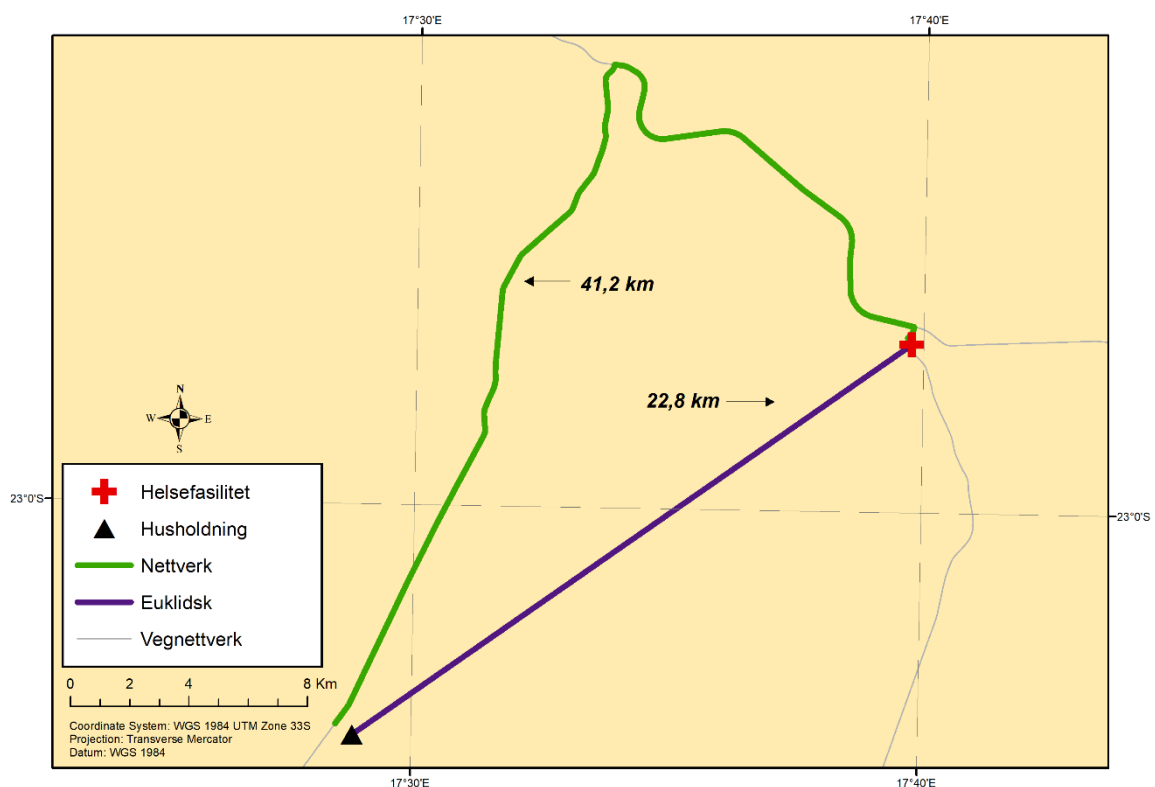
Ettersom rasterceller ikke innehar topologiske relasjoner beregnes transporten i rasteret på en annen måte enn i en vektorbasert nettverksanalyse. Senteret av hver celle benyttes her som et knutepunkt, mens forbindelsen mellom cellene blir beregnet mellom cellesentrene (Yu et al., 2003). Den modellerte reisen vil dermed være den ruten med akkumulert minst motstand.

I likhet nettverksanalysen i samme artikkel benyttes det et hierarki i cost-path-analysen. Øverst i hierarkiet, og som representeres med lavest impedans, er stamvegene der det er tillatt å kjøre i 120 km/t. Dernest kommer hovedveger (80 km/t) og distriksveger (60 km/t) før de ulike arealklassene. I tillegg er det i analysen integrert barrierer, i form av elver, som ikke lar seg korsere. Dermed vil fotgjengere, i tillegg til bilister, også modelleres gjennom landskapet frem til nærmeste helsefasilitet. Ved å ta hensyn til anisotropiske forhold i tillegg til et vektet arealdekke muliggjør cost-path-analysen en virkelighetsnær, dog noe mer upresis, representasjon av tilgjengelighet.

### 5.3. Euklidsk beregning

De fleste avstandsmålinger med GIS er basert på Euklidsk geometri (Rød, 2015). Slike beregninger tar utgangspunkt i rettlinjede avstander fra et punkt til et annet, og skiller seg dermed fra de andre beregningene ettersom Euklidske målinger ikke tar hensyn til reiserutenes kompleksitet. Gutiérrez og Palomares (2008) fremhever at enkelheten i Euklidsk kalkulasjon gjør den populær, men poengterer videre at beregningene kan være unøyaktige ettersom en fotgjenger, eller bilist, ikke følger et nettverk av veier. Uavhengig av unøyaktigheten som kan oppstå i Euklidske beregninger kan den egne seg godt i geografiske analyser, avhengig av studieområde og temaet som studeres.

I begge artiklene benyttes Euklidsk geometri i enkelte avstandsmål. Artikkel 1 bruker dette for å beregne avstandene mellom klient og vegnettverket, samt fra vegnettverket til helsefasiliteten. Artikkel 2 derimot tar i bruk Euklidske målinger som en forutsetning for lokasjon av et nytt sykehus, altså av fasiliteten blir plassert innen en gitt avstand fra det benyttede vegnettverket. Det er likevel forutsetning at en benytter projiserte koordinater i avstandsmålene for å minimere feil. Helst bør man ifølge Rød (2015) benytte en ekvidistant kartprojeksjon i disse beregningene. De ekvidistante projeksjonene sørger for at avstandene i kartet er lik uansett hvor i kartet avstandene beregnes. Ettersom avstandene mellom klient og vegnettverk i de benyttede studieområdene ofte er korte er det likevel lite trolig at beregningene skiller seg markant fra virkeligheten. Som beregningen i figur 9 viser er det derimot betydelige forskjell mellom Euklidsk- (lilla linje) og nettverksavstander (grønn linje) i tilgjengelighetsstudiet gjennomført i Namibia.



Figur 9: Nettverk (grønn linje) vs. Euklidsk (blå linje) beregning av tilgjengelighet

I tilgjengelighetsanalyser er sannsynligheten stor for at Euklidske serviceområder, som oftest representeres i form av buffere, vil dekke en større andel av befolkningen enn et serviceområde basert på nettverk- eller cost-path. Studien gjennomført av Gutiérrez og Palomares (2008) identifisere hele 325 000 flere individer innen et Euklidsk serviceområde på 600 meter i Madrid enn hva som ble fanget opp i nettverksanalysen. Med mindre individer er i stand til å bevege seg fritt vil dermed en nettverksanalyse bidra med mer nøyaktige målinger enn hva en kan oppnå med Euklidsk geometri.

## 6. Oppsummering

I tillegg til de store forskjellene på tvers av landegrenser har vi også sett at det kan være dramatiske forskjeller innad i et land. Forskjeller mellom urbane og rurale bosetninger, eller hvorvidt individer har høy sosioøkonomisk status, kan ha innvirkninger på helsetilbudet. I de kommende artiklene ser vi nærmere på helsetilbudet i Namibia. Den utfordrende geografien, der mange er bosatt mer enn 300 km fra nærmeste fasilitet, gjør landet til et interessant studieområde. Ved å benytte ulike metoder for å beregne tilgjengelighet ønsker tekstene å bidra i litteraturen om tilgjengelighetsstudier, i tillegg til å presentere nye beregninger, og ny informasjon, knyttet til helsetilbudet i Namibia.

I overbygningen har vi sett nærmere på de ulike formene for å beregne tilgjengelighet. Vektorbaserte nettverksanalyser, rasterbaserte cost-path-analyser, samt Euklidske beregninger er alle benyttet for å identifisere de ulike resultatene som presenteres i det følgende. Som overbygninger har vist vil valg av tilnærming i stor grad bestemmes av hva som studeres, samt tilgjengeligheten av data. Nettverksanalysen, som er benyttet i begge artiklene, baseres på topologiske forhold mellom vegsegmenter, noe som tillater nøyaktige beregninger langs linjetemaene. I motsetning til cost-path-analysen blir derimot ikke områdene utenfor vegsegmentene tatt hensyn til. Cost-path-analysen modellerer transporten langs hele rasteret, men med ulike hastigheter. Det hierarkiske oppsettet medfører at befolkningen blir tillagt høy hastighet ved å transporteres langs vegsegmentene, mens de vil forflyttes tregt langs ørkenområder eller våtområder. I tillegg til de nevnte formene for beregninger benyttes også Euklidske målinger i begge artiklene. Dette er rettlinjede målinger som ikke tar hensyn til reiserutenes kompleksitet, men som likevel er mye benyttet i tilgjengelighetsstudier. Mulighetene som tilbys i de tre metodene gjør at en kan gjennomføre avanserte analyser, og med ulike former for data.

Ifølge MoHSS (2014) medfører kostnadene assosiert med bruken av helsetilbud til store forskjeller i Namibia. I artikkel 1 blir dette studert nærmere da det benyttes individorienterte opplevelsedata, som ble samlet inn av EquitAble (Mannan, 2009) gjennom en omfattende spørreundersøkelse. Ved å kombinere avstandsregninger og individuelle opplevelser knyttet til helserelaterte faktorer søker teksten å bidra i faglitteraturen, og i tillegg identifisere sårbare områder og dominerende barrierer. Områdene som fremheves kjennetegnes dermed ved at befolkningen har over gjennomsnittlig lang reisevei til sin benyttede helsefasilitet, i tillegg til at de har under gjennomsnittlig lav score på opplevelsedimensjonen. I den andre artikkelen tas det derimot ikke stilling til individuelle opplevelser. Her baseres tilgjengelighet kun på reisetid til nærmeste fasilitet, dog ved bruk av hierarkiske nettverksstrukturer som klassifiserer vegsegmentene etter deres respektive hastighetsverdier.

De to artiklene viser hvilke muligheter GIS tilbyr i studier av tilgjengelighet. Ved å kombinere geografiske målinger og opplevelsedata, samt sammenligne vektorbaserte og rasterbaserte tilnærminger, gir de følgende artiklene en god innsikt i hvilke muligheter som eksisterer. Resultatene som presenteres vil også kunne være nyttig for Namibiske myndigheter ettersom det identifiseres områder med særlig behov for ytterligere helsetilbud, i tillegg til barrierer som begrenser tilgjengeligheten.

## 7. Referanseliste

- Curtin, K. M. (2007). Network analysis in geographic information science: Review, assessment, and projections. *Cartography and Geographic Information Science*, 34(2), 103-111.
- Dixon-Woods, M., Cavers, D., Agarwal, S., Annandale, E., Arthur, A., Harvey, J., Sutton, A. J. (2006). Conducting a critical interpretive synthesis of the literature on access to healthcare by vulnerable groups. *BMC Medical Research Methodology*, 6(1), 35. doi:10.1186/1471-2288-6-35
- ESRI. (2018a). About network analysis with hierarchy. Hentet fra <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/network-analysis-with-hierarchy.htm>
- ESRI. (2018b). GIS Dictionary. Hentet fra <https://support.esri.com/en/other-resources/gis-dictionary>
- ESRI. (2018c). Understanding connectivity. Hentet fra <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/understanding-connectivity.htm>
- FN-Sambandet. (2018). FNs bærekraftsmål. Hentet fra <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>
- GrindGIS (2015). What is GIS? Definition? Hentet fra <http://grindgis.com/what-is-gis/what-is-gis-definition>
- Gutiérrez, J., & García-Palomares, J. C. (2008). Distance-Measure Impacts on the Calculation of Transport Service Areas Using GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(3), 480-503. doi:10.1068/b33043
- Herzog, I. (2013). Review of Least cost analysis of social landscapes. Archaeological case studies. *Internet Archaeology*, 34.
- Higgs, G. (2004). A Literature Review of the Use of GIS-Based Measures of Access to Health Care Services. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 5(2), 119-139. doi:10.1007/s10742-005-4304-7
- InnovativeGIS. (2003). A three-step process identifies preferred routes. Hentet fra <http://www.innovativegis.com/basis/mapanalysis/topic19/topic19.htm>
- Mannan, H. (2009). Project Description. Hentet fra <https://www.sintef.no/projectweb/equitable/project-description/>
- MoHSS, & ICF-International. (2014). Namibia Demographic and Health Survey. Hentet fra <https://dhsprogram.com/pubs/pdf/fr298/fr298.pdf>
- Rød, J. K. (2015). *GIS. Verktøy for å forstå verden*. Trondheim: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- SINTEF. (2016). GeoHealthAccess - The geography of vulnerability and health service access in southern Africa. Hentet fra <https://www.sintef.no/en/projects/geohealthaccess-the-geography-of-vulnerability-and/>
- Wade, T. G., Wickham, J. D., Nash, M. S., Neale, A. C., Riitters, K. H., & Jones, K. B. (2003). A comparison of vector and raster GIS methods for calculating landscape metrics used in environmental assessments. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(12), 1399-1405.
- WHO. (2015a). Life expectancy at birth (years) 2000 - 2015. Hentet fra [http://gamapserver.who.int/gho/interactive\\_charts/mbd/life\\_expectancy/atlas.html](http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/mbd/life_expectancy/atlas.html)
- WHO. (2015b). Namibia: WHO statistical profile. Hentet fra <http://www.who.int/gho/countries/nam.pdf?ua=1>

WHO, O., & Organization, W. H. (2009). Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health.

Yu, C., Lee, J. A. Y., & Munro-Stasiuk, M. J. (2003). Research Article: Extensions to least-cost path algorithms for roadway planning. *International Journal of Geographical Information Science*, *17*(4), 361-376.  
doi:10.1080/1365881031000072645

**Article 1:**

*Using perceived and measured access to healthcare in order to identify vulnerable areas in Namibia*



**Abstract:**

Knowledge about the complexity of access to healthcare is important in order to establish an equitable healthcare system. Previous research on healthcare have usually studied the concept of access as either spatial availability, or the socioeconomic aspects of access. This paper analyses the relationship between public perceptions of access and measured access in order to identify vulnerable areas and prominent barriers to healthcare access. The paper uses Geographical Information Systems (GIS) to combine accessibility measures and individual perception-data from a comprehensive survey concerning healthcare utilization in Namibia. Spatial measures from a Network Analyst-approach were integrated in a Satisfaction-adjusted Distance Analysis (SAD). The SAD-measures adjusts the original network distance based on individual's perceptions and assumptions in utilizing the healthcare system. This mixed-method approach identified three main barriers in accessing healthcare in Namibia; 1) General physical health, 2) Waiting-time before being attended to, and 3) Lack of transportation from home to facility. Additionally, the border between Kunene and Omusati region were categorized as the most vulnerable area in terms of access. The vulnerable population scored below average on the satisfaction-dimension as well as the measured distance to the utilized facility.

## 1. Introduction

Differences in access to healthcare services and resulting adverse health outcomes when there is inadequate healthcare are recognized as major public health priorities. While the literature is replete with research about disparities in healthcare access and health outcomes, a greater understanding of geographical enabling factors and predisposing characteristics is needed (Graves, 2009).

Access to healthcare varies across space because of uneven distribution of healthcare providers and consumers (spatial factors), and it also varies among population groups because of their different socioeconomic and demographic characteristics (nonspatial factors) (Wang & Luo, 2005). Inequalities in such access are among the main priorities for the Ministry of Health and Social Services in Namibia (MoHSS), which according to the 2009 – 2013 strategic plan aimed:

- *“to provide integrated, affordable, accessible, quality health and social welfare services that are responsive to the needs of the Namibian population” (MoHSS, 2009, p.5)*

This goal is a part of the Namibian Government’s Vision 2030 whose main objective is to achieve equity in healthcare for all Namibians. There are currently large income-inequalities in Namibia, which according to Zere et al. (2011) may affect access to healthcare. Zere et al. (2011) also states that there is increasing evidence on the existence of pervasive inequalities in health and healthcare that are related to socio-economic positions. There has to date been limited studies focusing on the relation between perceptions and measured access, which may contribute to a more equitable system. To achieve the Vision 2030 goal, Namibia should according to Van Rooy et al. (2012) pay particular attention to the rural regions because of long distances, poverty and lack of transportation. The emphasis on perceived and measured access in this paper will examine the spatial distribution of vulnerable individuals, scoring below average on perceived and measured access, and identifying the similarities of unsatisfied clients.

The concepts of “access” and “accessibility” are more complex than simple distance measures (Comber et al., 2011). From the social sciences literature Farrington and Farrington (2005) note that accessibility can be viewed as “the ability of people to reach and engage in opportunities and activities”, and therefore improving access outcomes involves overcoming

the social dimensions of access and separation, as well as spatial constraints (Comber et al., 2011). By identifying the causes of poorly perceived access to healthcare, one can form a foundation of understanding for how to approach these challenges. These causes will be referred to as barriers which represents an obstacle in reaching a facility. Identifying the main barriers in accessing healthcare might contribute to a greater awareness of factors affecting the population, and may as well influence the government to meet the populations needs by facilitating improvements.

According to Higgs (2004), the increasing availability of GIS, together with the proliferation of spatial disaggregate data, has led to a number of studies that have been concerned with developing measures of access to healthcare services. However, researchers have largely overlooked the role that community and patient perceptions of spatial accessibility might play in translating accessibility (potential access) into utilization (realized access) of health services (Hawthorne & Kwan, 2012). The nonspatial factors, such as access to transportation, health and socioeconomic status are all important factors in healthcare utilization. The geographic distance alone will only provide a simplified picture of the accessibility to healthcare.

Apart from a few recent studies, previous research of public health access has been in two distinct and usually non-overlapping areas. One tranche has considered the spatial dimensions related to geographic access (distances, travel times, catchments, etc.), with data being manipulated and geographically analyzed using GIS before subsequent statistical analyses (Comber et al., 2011). Schuurman et al. (2006) belongs to this purely quantitative approach as they created catchment areas for rural hospitals in British Columbia, resulting in coverage-statistics showing the proportion of the population being served – or not served – within specified travel times calculated in the Network Analyst tool in ArcGIS.

Another body of research has examined service accessibility by considering the socio-economic aspects of access related to cost, insurance provision etc., with data collected using opinion or attitudes surveys (Comber et al., 2011). Kon and Lackan's research (2008) investigated ethnic disparities in obtaining medical care among four major ethnic groups (blacks, white, coloreds and Asians) in post-apartheid South Africa. The emphasis on the human aspects of access highlighted that blacks and coloreds were still underserved 14 years after apartheid ended.

The increased sophistication of GIS makes it possible to implement both spatial and nonspatial factors in an analysis, enabling us to study human habits, feelings and perceptions in geographical settings. This combination allows us to study the relationship between individuals and a healthcare system, enabling us to identify the main challenges of such a system, and additionally; to point out vulnerable areas.

### *Objective*

This paper combines the two tranches in order to study the connection between human perceptions and geographical enabling factors. The primary aim of this study is to identify the inequalities in perceived access to healthcare, and to create an understanding of the barriers people experience using the health facilities in Namibia. Illuminating the perceived barriers can help explaining how the health system works, and identifying challenges that need more attention. Another aim is to identify areas that have particularly poor access to healthcare, and where participants score below average on both measured and perceived access.

In order to identify areas with particularly poor access, and illuminate the most prominent barriers, a model combining measured street network distance and comprehensive survey-data from the study-area are implemented in this study. As a key element in this paper is the importance of perceived accessibility, the implementation of SAD (satisfaction-adjusted distance) is beneficial as it adjusts conventional street network distance to account for the added or subtracted perceived distance based on the survey-data. The SAD-measure adds or subtracts a perceived distance to an individual's healthcare facility based on their satisfaction with care (Hawthorne & Kwan, 2012). Calculated SAD-scores for each participant in this study forms the basis for this paper as it separates participants based on their satisfaction, it identifies the main barriers in accessing healthcare, and it illuminates areas with poorly perceived and measured access.

The article is organised as follows. The first section explains the study area covered in this project. Section two describes the background of the study, and provides an overview of previous work and definitions used in this paper. Thereafter, section three introduces the data material that provides the basis for the analysis. Section four explains the method used, and the analysis process, before the fifth section presents the results achieved. The article ends with some concluding remarks and encouragement for further research on the topic.

## 2. Background

The spatial or geographic aspects of health provision and access to facilities have been considered much in previous research (Comber et al., 2011). However, literature reviews (e.g. Higgs, 2004) highlights that there has been much less research concerned with the relationship between measured and perceived access. This relationship may provide useful information for governments as well as scientists and future projects. By following up a large international project on equitable access to health services in southern Africa, named *EquitAble*, this article will contribute with new information regarding healthcare equality in Namibia. The *EquitAble*-project was a four-year collaborative research project comprised of researchers from Ireland, Norway, Sudan, Namibia, Malawi and South Africa, producing empirical knowledge on access to healthcare for vulnerable people in resource poor settings in Africa (Mannan, 2009). Unlike *EquitAble*, this study will highlight the importance of GIS, implementing data from their research project with spatial data covering Namibia.

Regardless the difficulties in creating an effective healthcare service, access to necessary healthcare is a basic human right (WHO, 2017). The further development of *EquitAble* is compiled to integrate a geographic dimension of access, which may illuminate local- and regional inequalities. Using perceived barriers as a geographical obstructive factor makes it possible to visualize these inequalities in maps. This is also supported by MacLachlan et al. (2011) who says that targeting barriers to access for the most vulnerable parts of the population may probably be the most efficient way to improve the provision of healthcare and ensure equitable access for all. An example of such a barrier is a person's health condition. What merely constitutes an inconvenience for one person could represent an insurmountable barrier for someone else when it comes to accessing healthcare (SINTEF, 2016).

Barriers may occur as spatial or nonspatial challenges in accessing a facility. Spatial access emphasizes the importance of geographic barriers, such as distance or travel time between consumer and provider, whereas nonspatial access stresses nongeographic barriers or facilitators such as social class, income, ethnicity, age, sex, etc. (Joseph & Phillips, 1984). This paper stresses the importance of combining spatial and nonspatial barriers in order to study the linkage between measured and perceived accessibility. Health Professional Shortage Areas (HPSA), developed by US Department of Health and Human Services (DHHS) is an example of an initiative that attempted to improve healthcare for the citizenry by considering aspects of both spatial and nonspatial factors (Meade & Earickson, 2000). A close examination of the criteria for HPSA designations shows that both spatial and nonspatial


factors are important (Wang & Luo, 2005). Nonspatial barriers used in the designation of HPSA's were factors concerning economy, linguistic and cultural barriers. Availability and affordability constitutes the main barriers to access healthcare in the selected study areas in this project, and establishes the framework for this paper. In addition to street-network distance measures, this project integrates thirteen variables regarding availability and affordability.

Another term that is used throughout the text is the concept of access, which is a fuzzy notion. There are several definitions of the term accessibility in the research literature on health services. Penchansky and Thomas (1981, p. 128), for example, argue that “access is most frequently viewed as a concept that somehow relates to consumers ability or willingness to enter into the healthcare system” and define access as “a concept representing the degree of ‘fit’ between the clients and the system”. The emphasis on the individual aspect as well as the physical aspect is something most definitions have in common. Defining the degree of accessibility based on geographic distance thus becomes too easy. Gulliford et al. (2002) draw a distinction between “having access” to healthcare and “gaining access”, the former may result from the availability of services, the latter refers to whether individuals have the resources to overcome financial, organisational and socio-cultural barriers and utilise that service. This paper will use a combination of “having” and “gaining” access to see how they differ. However, the focus in this paper is to look at access as the interaction between physical accessibility and perceived access, and thereby supports Penchansky and Thomas’ definition, where we seek to study the “fit” between the clients and the system.

Table 1 present four possible outcomes of perceived and measured access. This paper will mainly focus on outcome D, which represents the worst outcome. Both geographical data and survey-data indicate that access to healthcare is poor and should be improved, preferably in the direction towards outcome A as indicated with the arrow. That means that a participant located far away from the utilized facility, and who experience poor access to healthcare, are placed in outcome D.

Table 1: Possible outcomes of perceived and measured access

		Perceived access	
		Good	Poor
Measured access	Good	A	B
	Poor	C	D



### 3. Study area, research method and data

#### 3.1. Study area

Namibia covers an area of 824,000 square kilometers with 2,459,000 inhabitants, which makes it one of the lowest population densities in the world (SINTEF, 2016). The country ranks 125<sup>th</sup> on the human development index, which makes it a lower middle-income country (UNDP, 2016). However, the Gini index of 60.3 indicates that the country is one of those with the highest income inequality in the world (Zere et al., 2010). These inequalities may affect access to healthcare facilities as it represents a central barrier in terms of access, and in worst case exclude people unable to pay for treatment. The implementation of SAD in this paper takes these economic factors into account and influences the perceived access to healthcare.

This article investigates five areas in Namibia (see figure 1), which represent a highly dispersed population. The selected areas consist of one central region, Khomas, with a large range of health facilities, while the other four sites represent variation in vulnerability factors like poverty, disabilities and ethnic minorities (SINTEF, 2016).

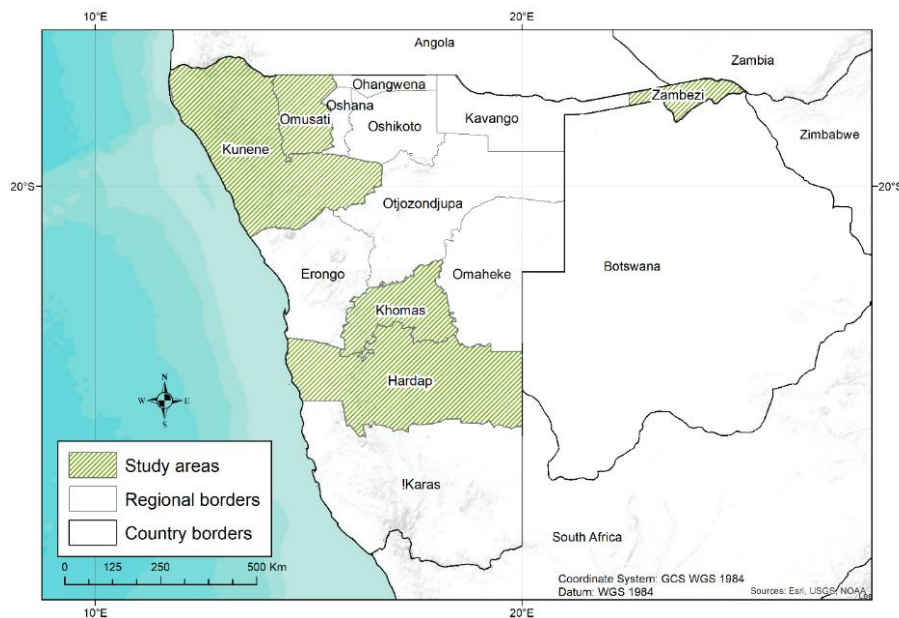


Figure 1: Study areas

Accessibility to the closest healthcare facility, in terms of travel time, does vary depending on where one lives, how the infrastructure is, and how you travel. Figure 2 illustrates the distribution of utilized health facilities in this study areas as well as total population density in Namibia. It shows us that all facilities used in this project are located in populated areas. Especially the northern part of the country, close to the Angola-border has a dense population, in addition to the capital Windhoek in the center. However, Tansley et al. (2015) classified 2/3 of the Namibian population as rural. That indicates that a large proportion of the population lives despread, which Brems et al. (2006) argues affects the access to health services in a greater extent than for an urban population.

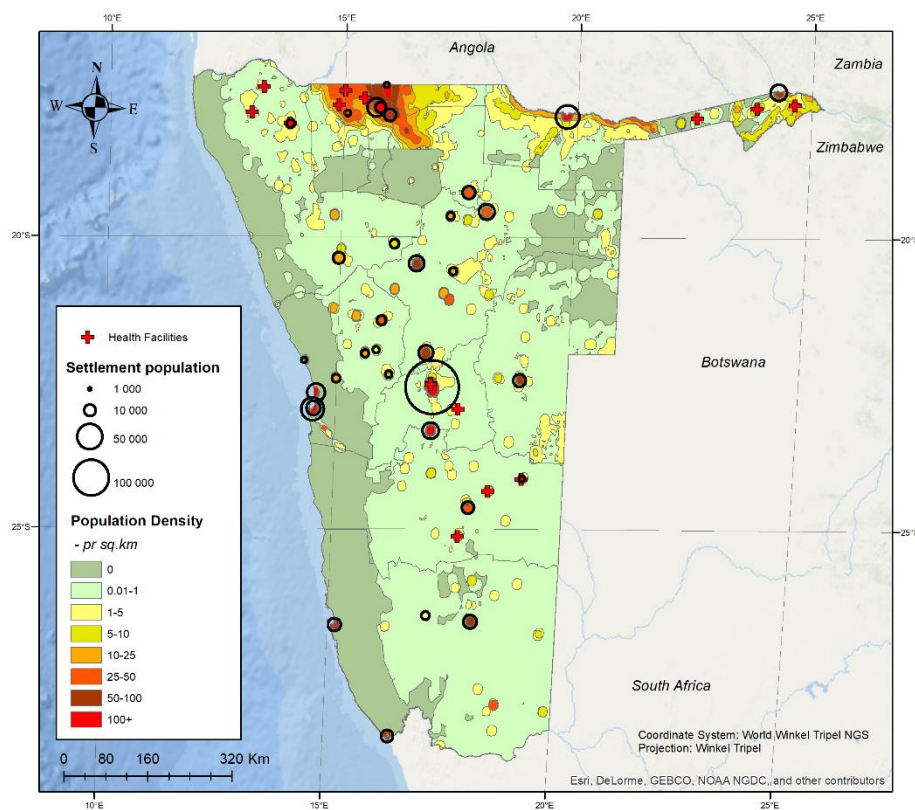


Figure 2: Population density, settlement population and distribution of facilities

### 3.2. Data

#### Participants

This paper builds on individual-level data carried out from a comprehensive survey during the EquitAble project (Mannan, 2009). The data consist of 1534 respondents, all spread across the five study areas. The largest proportion of participants are located in the Khomas-region, close to the capital of Windhoek, while the rest are quite evenly spread throughout the regions as illustrated in table 2.



Table 2: Distribution of participants

Region	Number of participants
Kunene	181
Omusati	197
Zambezi	186
Khomas	713
Hardap	257

The georeferenced survey data provides information on self-reported health status, vulnerability factors, healthcare use, and perceived barriers to access among users. Especially important for the outcome of this project was the variables concerning self-reported health status, healthcare use and perceived barriers with emphasis on transportation and cost. Feedbacks from thirteen Likert scale statements were added together for each participant to form a satisfaction score. Further, these satisfaction scores were calculated to represent the degree of satisfaction in percentage, further referred to as the individual composite quality care score ( $Q_i$ ). Table 3 illustrates an example of how the satisfaction scores were calculated based on these statements.

Table 3: List of statements and questions from the survey

Lack of transportation 1    2 <del>3</del> 4    5	You were previously badly treated 1    2    3 <del>4</del> 5
Couldn't afford the cost of transportation 1 <del>2</del> 3    4    5	The amount of time you waited before being attended to 1    2    3 <del>4</del> 5
Physical access to facility 1 <del>2</del> 3    4    5	How is your general physical health? <del>1</del> 2    3    4
No service available 1    2 <del>3</del> 4    5	Satisfaction with provision of healthcare in your area 1    2 <del>3</del> 4    5
There is no accommodation at the health facility <del>1</del> 2    3    4    5	Standard of the health facility 1    2    3 <del>4</del> 5
The journey to the health facility is dangerous 1    2    3    4 <del>5</del>	Your experience of being treated respectfully 1    2    3    4 <del>5</del>
Couldn't afford the cost of the visit 1 <del>2</del> 3    4    5	

The satisfaction-scores, as illustrated in table 3, were than summarized into individual composite quality care scores. These statements are meant purely as an illustration, and does not originate from a participant in this project. After summarizing the numbers, we see that this person scores 39 out of 64 possible points, which results in a  $Q_i$ -score of 60.93.

The survey data does also contain information about age, gender and number of people in the households. These variables are used in order to sort out the results, finding patterns and in generalizing the findings.

All respondent data are clustered to retain anonymity. The clustering was carried out on the basis of the country research teams together with the national statistical offices (SINTEF, 2016). Figure 3 shows a cluster close to Okuryangava clinic in the northern part of the capital Windhoek. A total number of 42 respondents are represented as one point, all with the same geographical distance to the clinic. What will separate the respondents from each other is their individual composite quality scores based on their satisfaction score from the survey. The clusters are beneficial for the analysis as it makes it even clearer how individual-level data influences spatial access, while at the same time informing about which barriers that are perceived as most challenging in that area.

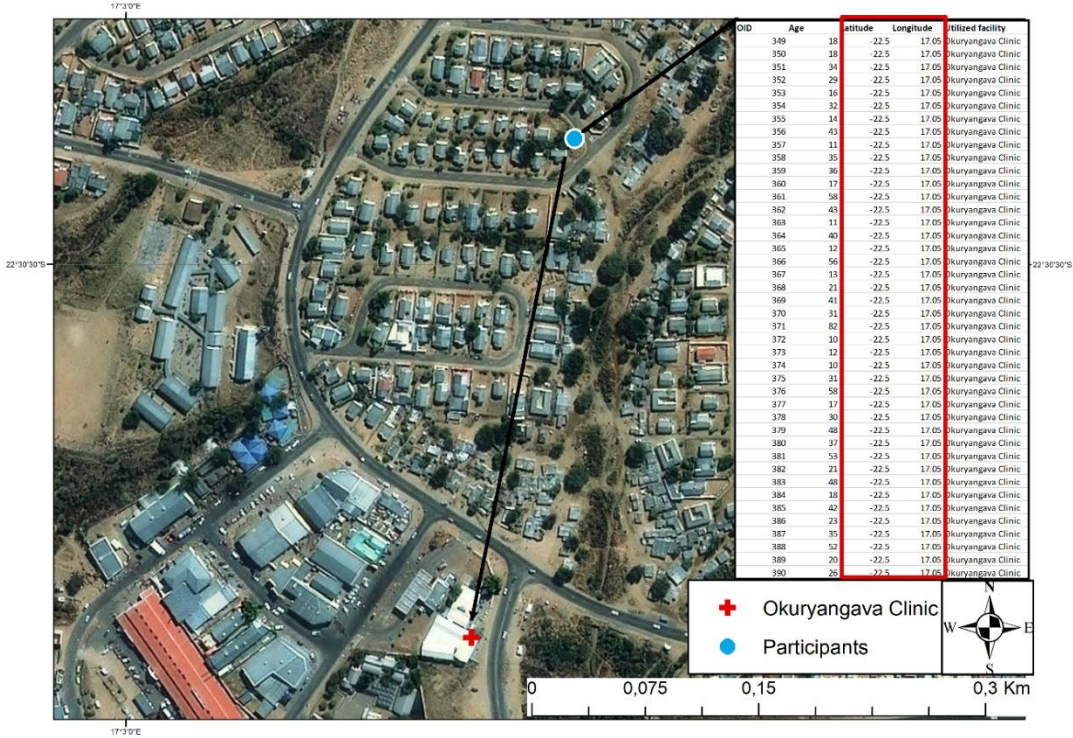


Figure 3: Illustration of a cluster

## Road data

All distance measures from the clusters to the utilized facilities were calculated along a road network. The road-data were obtained from Namibian Statistical Agency (NSA). The road-data consist of separate files containing different road-segments; main roads, district roads and trunks, and has a total reach of 91.042 km, respectively 22.356 km main roads, 59.254 km district roads and 9.432 km trunks. The NSA road segments are created by the Namibian Roads Authority with the purpose of referencing, supporting effective road construction, rehabilitation and maintenance (NSA, 2010). It includes all road segments except private roads on freehold land, and tracks in communal areas. In this paper, the term network refers to the connectivity of road junctions and their connecting edges, where each junction and edge is associated with a feature with point or line geometry respectively. Using GIS-based network analysis enables us to find the shortest route between respondents and facilities along these edges. As the respondents mostly are located a given distance from the road network, additional distances are measured between the households and the closest edge, and between the facility and closest edge, as illustrated in figure 4. The total distance representing the spatial dimension of the study are then the distance measures along the edges, in addition to straight-line distances representing the areas that are not covered by the network.

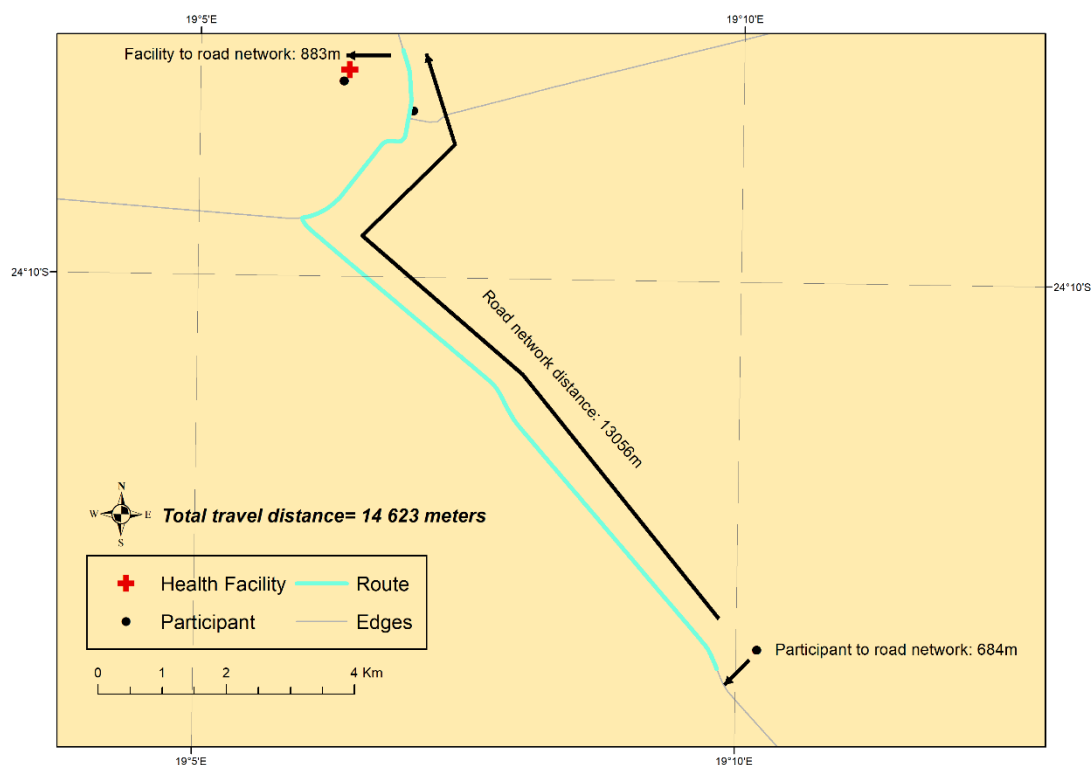


Figure 4: Illustration of the total distance measure

### 3.3. Method

The study uses a mixed-method approach in order to identify the connection between perceived and measured access. GIS street network measures of accessibility are integrated with Hawthorne and Kwan's (2012) satisfaction adjusted distance-analysis. This combination is meant to illuminate the impact that perceptions and experiences has on the concept of access. The network analysis is a prerequisite for a SAD-analysis as it represents the spatial part of the analysis, and facilitates accurate measures along the edges. Colston and Burgert (2014) describes network analyst as a model enabling us to do realistic travel routes, times and distances. These accurate measurements make it possible to compute the divergence between the participants perceptions of the healthcare access.

An assigned speed was implemented in order to identify vulnerable areas, with particularly poor measured access. That means that each participant received a travel time based on the total distance to be crossed, and adjusted according to mode of transportation as reported in the survey. The assigned speeds are based on Alegana's et al. (2012) model concerning Namibia, however with one adjustment. Hawthorne and Kwan (2012) pointed out that future studies of SAD should account for the burdens of public transportation. Therefore, public transportation speed is adjusted from 80 km/h to 60 km/h to account for the stops along the roads toward the facility.

Table 4: Travel-speed classification

<b>Mode of transportation</b>	<b>Speed</b>
Walk	5 km/h
Bicycle	10 km/h
Taxi/Cab	80 km/h
Public transportation	60 km/h
Private vehicle	80 km/h

### 3.3.1. Satisfaction-adjusted distance

The satisfaction adjusted distance approach extend GIS street network distance measures by adding or subtracting a perceived distance (Golledge, 1997). The degree of adjustment identifies the participants' satisfaction with healthcare, and indicates the variations in perceived access to healthcare. Satisfied users are moved towards the facility, while dissatisfied participants are moved back along the edges. The SAD measure takes the following form:

#### Formula 1:

$$SAD = 200 \text{ meters} * (m - q_i) + d_i$$

Where  $m$  is the mean of quality care scores for all participants,  $i$  is the individual,  $q$  is the individual composite quality score, and  $d$  is the total distance from provider to patient. Each participant's composite quality care score ( $q_i$ ) sums the rankings for each patient satisfaction dimension (Hawthorne & Kwan, 2012). This were illustrated in table 3 were all statements were summarized and transformed to a range of 0 to 100 to represent the percentage of satisfaction with healthcare access. Each of the thirteen statements ranged from 1-5 except the question regarding physical health, which ranged from 1-4. Therefore, participants that scored 64 satisfaction-points (the maximum possible score) were assigned  $Q_i = 100$ , while those who scored 13 (minimum possible score) were assigned  $Q_i = 0$ .

Using this concept enables us to visualize the survey-data's impact on the measured distance. These satisfaction-scores will affect the actual measured distance from household to facility, in addition to identifying the most common barriers experienced in accessing healthcare. Individual composite quality scores ( $q_i$ ) are compared to the mean of quality care scores for all the participants ( $m$ ). Each individual's composite quality care scores ( $q_i$ ) are used in the calculation of perceived distance from household to the healthcare facility (Hawthorne & Kwan, 2012). As referred to in table 1, participants with a long measured distance, and who receives a low  $q_i$ -score, qualifies to be in outcome D.

Unlike the study area associated with Hawthorne & Kwan's study (2012), which were in a relatively small area in Franklin County, Ohio, Namibia is a large country with low population density. They used a 0.1 mile (0.16 km) adjustment, based on an agreement with a local health advisory committee. However, they encouraged future studies to include a

sensitivity analysis to see how decreasing or increasing the adjustment influenced the result. This article used a 200-meter adjustment as it resulted in reasonable impacts, as well as a distribution where the average adjustment were about zero meters. The satisfaction adjusted distance suggests that for every 1 unit of deviation from the mean composite quality care score, a participant will have an added or subtracted distance of 200 meters. 200 meters can constitute a significant distance for a disabled person walking, though an overbearing walking distance for a normally functioning person or a person travelling by car or other means of transport.

Formula 2 gives an example of how a respondent using Opuwo clinic is affected by the SAD-measure.

$$\underline{SAD = 200 * (82.95 - 70) + 3111.72) = 5702 \text{ meters}}$$

Where 200 (meters) represents the adjustment for every unit of deviation from the mean, 82.95 is the mean composite quality care score for all participants, 70 is the individual composite quality care score and 3111.72 (meters) represents the distance between the household and the utilized facility. The mean composite quality care score ( $m$ ) and the individual composite quality care score ( $Q_i$ ) represents the degree of satisfaction, while the distance ( $d_i$ ) are measured in GIS network analyst.

A total distance of 3111 meters has increased to 5702 meters based on the feedback given in the survey. The participant's composite quality care score indicates a deviation of 12.95 below the mean of quality care score (82.95 – 70 satisfaction). Each unit of deviation are multiplied with the chosen added distance of 200 meters. This specific participant receives  $12.95 * 200$  meters, therefore  $\approx 2590$  added meters.

The variation in the degree of satisfaction-scores indicates large variations among the participants. The divergence between the extremes, in respect of added/subtracted distance, are 11 600 meters, and illustrates the difference between composite quality square scores of 42% and 100% satisfaction, respectively 40 below and 17 percent above the mean of quality care scores. In other words, participant that are fairly satisfied with the general healthcare access won't be affected in a great extent, unlike respondents that stands out as either very satisfied or dissatisfied with the access of healthcare.

### 3.3.2. Utilization

Another important aspect in studying healthcare access is utilization. In cases where the decision to attend is made by the patient, it is likely that utilization is more strongly influenced by accessibility as perceived by the patient than by accessibility as modelled by any of the GIS-based approaches (Fone et al., 2006). The respondent-data provides information about which facility the respondents' uses, which is not necessarily the closest in distance. Figure 5 illustrates respondents using Stampriet Clinic in Mariental health district. The symbol representing respondents furthest South on the map consists of twenty individuals, all geocoded to the same coordinates. Although the distance is considerably shorter to Gibeon Clinic ( $\approx 122\text{km}$ ), they travel to Stampriet Clinic ( $\approx 155\text{km}$ ) to receive medical assistance. Examples like this illuminates the importance of proper respondent-data informing about utilization in health-related research. Without this information, the GIS-process would create a route towards Gibeon Clinic.

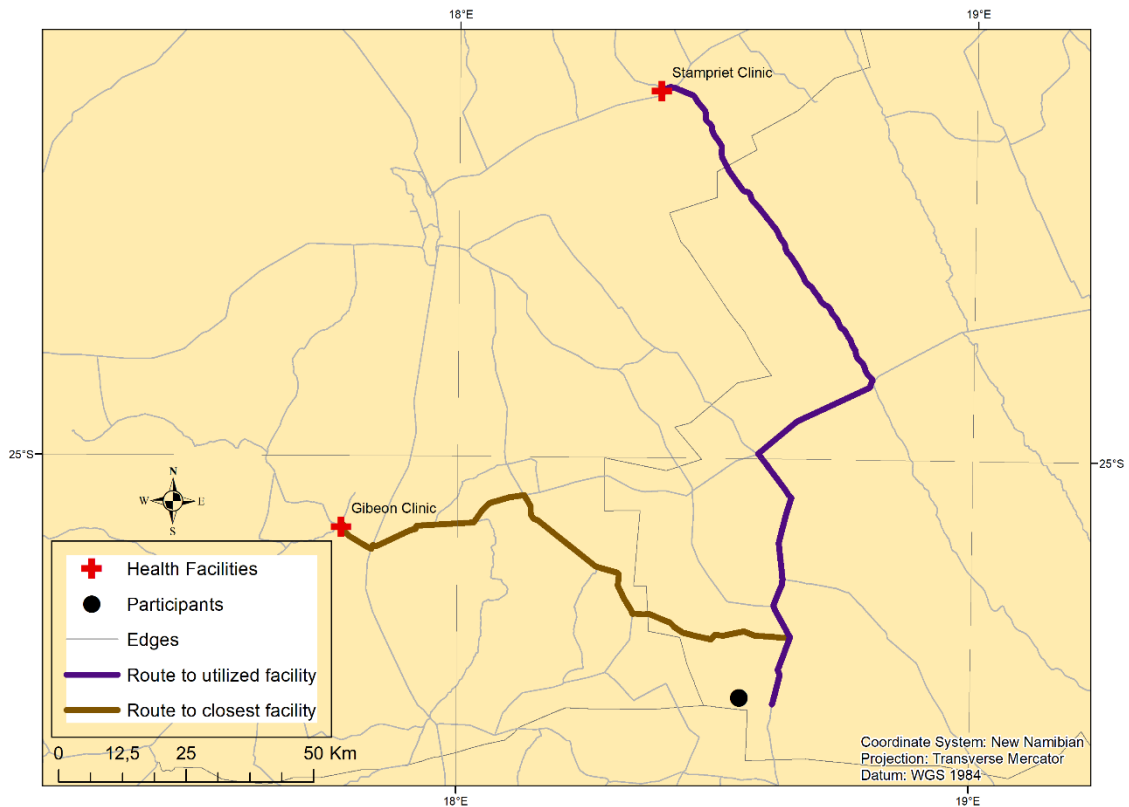


Figure 5: Closest facility vs. Utilized facility

## 4. Results

In the beginning of this section, I will first work through an individual example by comparing scores for each satisfaction dimension and compare it with the measured network-distance. I will highlight how each question in the survey affects the satisfaction-adjusted distance, and illuminate which barriers this specific individual experience as the most challenging. By doing so, I illustrate the logic behind the achieved composite quality care score, and emphasize the reality behind the actual results. After the individual example, I will continue to present the SAD-based results for the study area as a whole, identifying the main barriers and the most vulnerable areas.

The example is based on a 20-year-old unemployed female, unmarried and citizen of Etanga region. She is usually travelling to Etanga clinic, a total distance of 21.5 km from her home. To fully understand her perceived accessibility to healthcare, it is necessary to look at the foundation of her individual composite quality score. Table 5 illustrates the woman's statements with the coding in brackets. The values range from 1 to 5 (except for perceived health condition which is 1-4), where 1 is an insurmountable problem, while 5 represents no problem. One additional column is added to show the mean quality care score for all 1534 participants (m).

Table 5: Example of an individual SAD-calculation

Statements	Score (1-5) (General physical health 1-4)	Mean quality care score (m)
Lack of transportation	Serious problem (2)	3.54
Could not afford the cost of the transport	Moderate problem (3)	4.17
Physical access to facility	Serious problem (2)	4.6
No service available	Moderate problem (3)	4.5
There is no accommodation at the health facility	Serious problem (2)	4.44
The journey to the health facility is dangerous	Moderate problem (3)	4.15
Could not afford the cost of the visit	Moderate problem (3)	4.6
You were previously badly treated	Serious problem (2)	4.73
The amount of time you waited before being attended to	Moderate problem (3)	3.07
How is your general physical health?	Not very good (2)	2.75
Satisfaction with provision of health in your area	Satisfied (4)	3.85
Standard of the health facility	Serious problem (2)	4.57
Your experience of being treated respectfully	Moderate problem (3)	4.05
<b>Total =</b>	<b>34 of 64 points → 53.1 % satisfaction</b>	<b>53, 02 points of 64 → 82.95 % satisfaction</b>



Table 5 shows that the female individual is generally less satisfied than the mean. The end-result indicates that she scores almost 30 units below the mean ( $82.95 - 53.1 = 29.85$ ), which increases her distance with 5970 meters ( $29.95 \times 200 = 5\,970$ ). Her SAD-distance is than 27470 meters.

An interesting observation that occurred while studying this participant was the contrast within the cluster this woman was located. The cluster consisted of four participants, respectively two males and two females. While the 20-year-old woman received an added distance of  $\approx 6$  km, another participant minimized the distance with  $\approx 3$  km. That confirms that the perceived access to healthcare varies widely also at a local level. Different individual experiences and perceptions affects how we perceive access, which in turn may affect the utilization. Figure 6 illustrates how a cluster can differ in terms of perceived accessibility to healthcare. Each of the four individuals are illustrates with a unique colored line representing the added or subtracted distance as a result of the SAD-analysis.

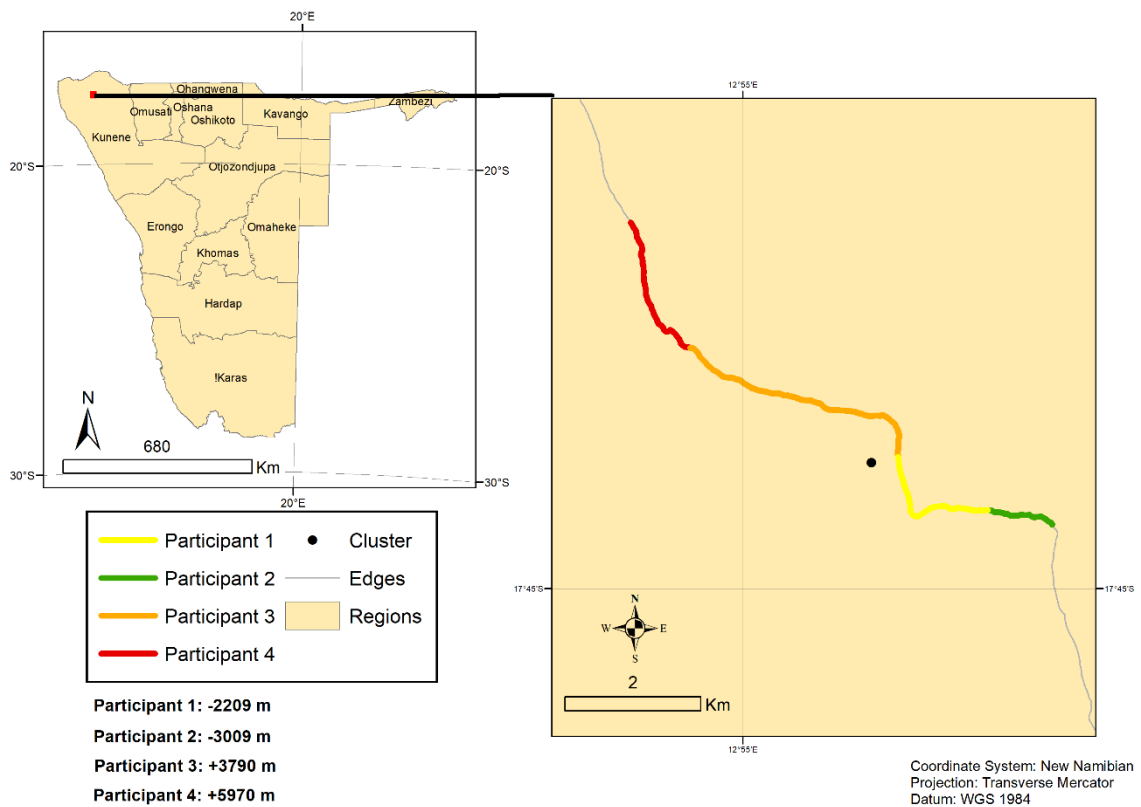


Figure 6: SAD-impact on a cluster

So, which barriers are most prominent in this cluster? These barriers are identified based on the statements in the survey. The questions with the overall lowest score does represent the greatest obstacle in accessing healthcare according to the participants perceptions. In the exemplified cluster from figure 6, the travel distance is relatively long with its 20.7 km. However, it seems clear that economy also plays an important role in the perceived distance to Etanga clinic. As table 6 illustrates, the participants travelling by car (participant 1 and 2) experience the physical access as respectively; no problem, and a small problem. They do also have no problems paying for transportation and healthcare. It does also seem clear that the participant 4 (walking) and 3 (public transportation) are more dependent on accommodation at the facility. This is especially critical for participant 3 who is walking for four hours to access the clinic. In addition, she also states that she has to wait for three hours before being attended to.

The travel time is pretty similar if you travel by car or bus, in great contrast to those who walks. However, the most prominent barrier in this area occurs to be the dimensions concerning accommodation, physical health and standard of the health facility. Even though participant 1 turns out to have the worst health condition, he still receives a minimized SAD-distance. It seems like lack of transportation has a huge impact to what extent health condition acts as a barrier to healthcare. Nevertheless, economy to pay for transportation and healthcare, in addition to the opportunity of accommodation represent the greatest divergence between the participants.

Table 6: SAD-variation within a cluster

<b>Statements</b>	<b>Score Participant 1</b>	<b>Score 1 Participant 2</b>	<b>Score Participant 3</b>	<b>Score participant 4</b>
Lack of transportation	5	5	2	2
Could not afford the cost of the transport	5	4	2	3
Physical access to facility	4	5	4	2
No service available	3	5	4	3
There is no accommodation at the health facility	5	4	1	2
The journey to the health facility is dangerous	5	5	3	3
Could not afford the cost of the visit	5	5	3	3
You were previously badly treated	5	5	5	2
The amount of time you waited before being attended to	5	5	1	3
How is your general physical health?	1	3	4	2
Satisfaction with provision of health in your area	4	4	4	4
Standard of the health facility	3	3	2	2
Your experience of being treated respectfully	5	5	4	3
<b>Total =</b>	60 (q <sub>i</sub> = 93.75)	63 (q <sub>i</sub> = 98.44)	41 (q <sub>i</sub> = 64.06)	34 (q <sub>i</sub> = 53.13)
Travel time	00:16:00	00:16:00	04:20:00	00:21:00
<b>Added/Subtracted distance =</b>	-2209	-3009	+3790	+5970

As demonstrated, there are large individual variations between the participants, even within a cluster. For the 1534 participants in the sample, the conventional street network distance reveals an average travel distance of 17.8 km to the utilized facility. However, the dispersed population, and low population density has resulted in some extreme distances, e.g. three participants travelling over 162 km to visit Stampriet clinic. Nevertheless, the SAD-results reveals that these three respondents are relatively satisfied with the provision of healthcare. That emphasized the importance of perceived access as these respondents clearly would be classified as vulnerable in a traditional access-measure. But now, let's have a look at the results that concerns the whole study area.

#### 4.1. Barriers

Table 7: Average score for each barrier

Satisfaction dimension	Mean satisfaction score
Lack of transportation from home to facility	3.54
Transportation cost	4.17
Physical access	4.60
No service available	4.51
No accommodation at the facility	4.44
Dangerous journey	4.15
Couldn't afford visit	4.60
Previously badly treated	4.73
Waiting time	3.07
Physical health	2.75
Satisfaction with provision of health	3.85
Standard at the health facility	4.57
Treated with respect	4.05

As table 7 illustrates, there are especially three barriers which stands out, namely; lack of transportation, waiting time before being attended to, and physical health. These are the most challenging obstacles that participants experience regarding accessing healthcare. Participants driving a private vehicle has a mean distance of 18.7 km, while participants walking has a mean distance of 16.1 km. Depending on physical health, walking 16 km to access healthcare may be an insurmountable problem in some cases. Since the average speed limit for vehicles on highways are set to 80 km/h (Africa Sun Car Hire, 2018), a distance of 18.7 km may be

completed in 14 minutes. On the other hand, walking 16.1 km with an average speed of 5 km/h will take approximately 190 minutes.

In general, it seems like there are no clear connection between travel distance and well perceived access in our study area. Even though participants located in Zambezi have the shortest distance to access healthcare, they are generally less satisfied than the mean of the country, and receives an average added adjustment of 1154m. Figure 7 illustrates the connection between the average travel distance to access healthcare and the mean adjustment by region. It shows that access, at least in Namibia, cannot be based on just availability in terms of travel distance. On the contrary, it shows that the perception may be given more attention. The satisfaction-adjustment causes Zambezi region a doubling of the original distance. However, the results reveal that Kunene region, who has the worst conditions in terms of distance also scores lowest on perceived access.

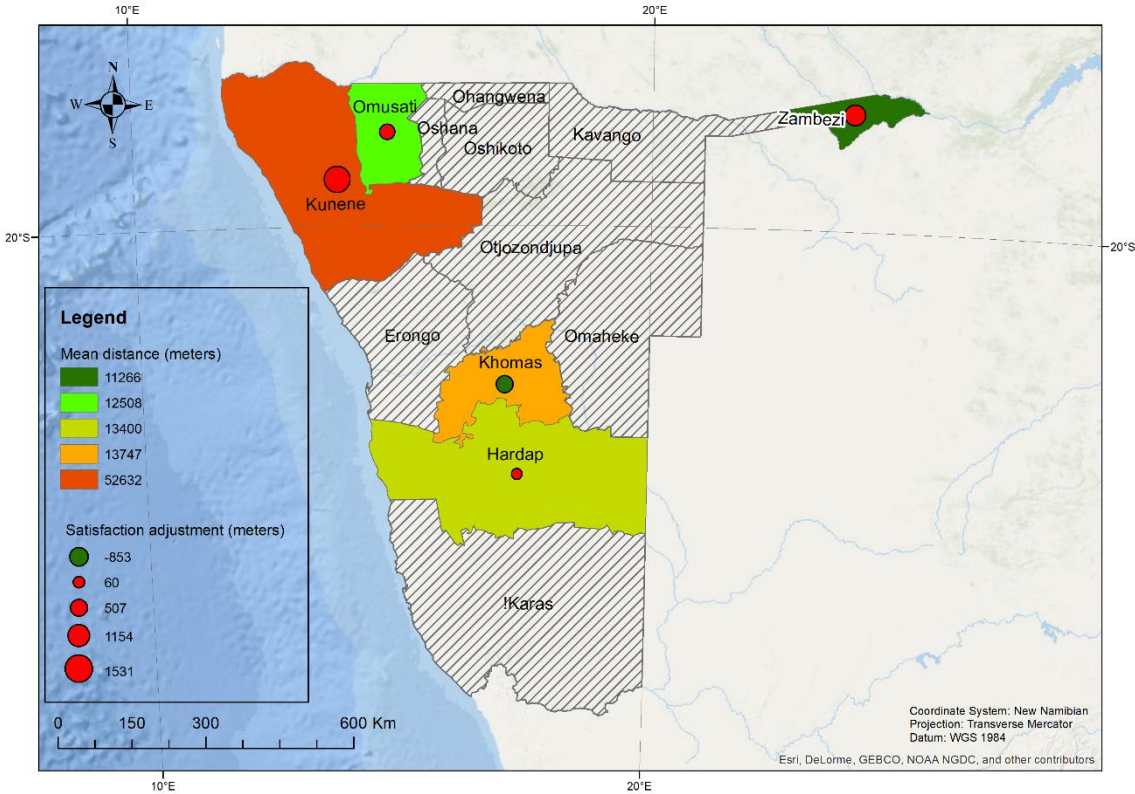


Figure 7: Illustration of the connection between travel distance and satisfaction scores

The results, however, indicate that aspects regarding the previous visits are influential on perceived access. Satisfaction-dimensions regarding waiting-time, accommodation, treatment experience and satisfaction with provision of health care are essential in

measuring the degree of satisfaction with the utilized facility, and enables the opportunity of classifying facilities based on previous visits. The dimensions are calculated to represent the percent of satisfaction with previous visits. Table 8 highlights that facilities in Kunene receives low scores based on these dimensions, while Omusati, Hardap and Khomas scores high. These purely non-spatial results indicate that respondent's experiences from previous visits affect how they perceive healthcare access. Perception of accessibility is important because it might affect where, when and even whether patients seek or receive healthcare (Fone et al., 2006). Therefore, participants located in Kunene region might have a higher threshold for seeking help if they have experienced inadequate service from previous visits. This leads on to the results revealing the most vulnerable areas, where spatial and non-spatial data combined illuminates the areas with the poorest overall access.

Table 8: Facility-ranking based on satisfied clients

Facility	Region	Satisfaction score (%)	Facility	Region	Satisfaction score (%)
Omagalanga	Omusati	88%	Gibeon	Hardap	81%
Aranos	Hardap	87%	Sibbinda	Zambezi	80%
Katutura	Khomas	85%	Kabbe	Zambezi	80%
Stampriet	Hardap	85%	Chetto	Zambezi	75%
Anamulenge	Omusati	84%	Opuwo	Kunene	73%
Dordabis	Khomas	84%	Etanga	Kunene	72%
Okuryangava	Khomas	83%	Okangwati	Kunene	68%
Tsandi	Omusati	81%			

#### 4.2. Vulnerable areas

After identifying the main barriers in accessing healthcare, we are able to identify the most vulnerable areas in terms of measured and perceived access. This is examined using a combination of SAD and Network-Analyst-based service areas. Like Hawthorne and Kwan's study (2012), this paper uses the average of both measured and perceived access as a separator, and divide the participants in two. The service-areas are created to represent the average network distance to access healthcare, which is 17.8km. That means that participants outside of these service-areas, as illustrated in figure 8, and with lower than average  $q_i$ -scores are classified as vulnerable people in terms of access. Those areas with the highest density of

participants in outcome D, which is those scoring below average on both perceived and measured access, are classified as the most vulnerable areas.

Table 9: Possible outcomes of perceived and measured access

		Perceived access	
		Good	Poor
Measured access	Good	A	B
	Poor	C	D

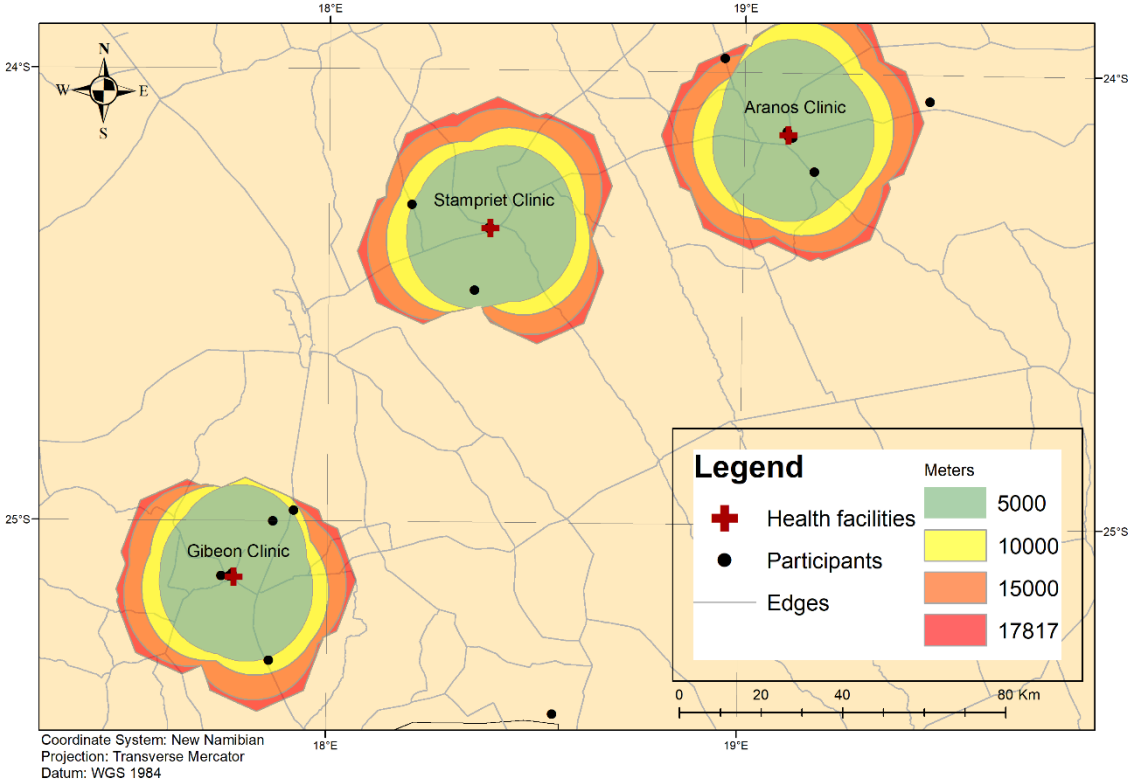


Figure 8: 17.8km service areas representing the average travel distance

A total number of 137 participants are located in outcome D with below average on measured and perceived access. 73 of these are females while 64 are men, and the mean age is 46. Figure 9 identifies the most vulnerable places in the study areas, and emphasizes that the administrative border between Kunene and Omusati region are especially challenging. The inset-map identifies that 88 (64%) of the participants placed in outcome D lives in this area. Beyond that, Khomas and Hardap have some challenging areas, while Zambezi is the only region without any participants located in outcome D. Even though the participants in the Zambezi region scores low on perceived access, they are located close to the facilities so that

they are placed in outcome B. However, these results emphasize that Omusati and Kunene are the most vulnerable areas in terms of a combination of perceived and measures access.

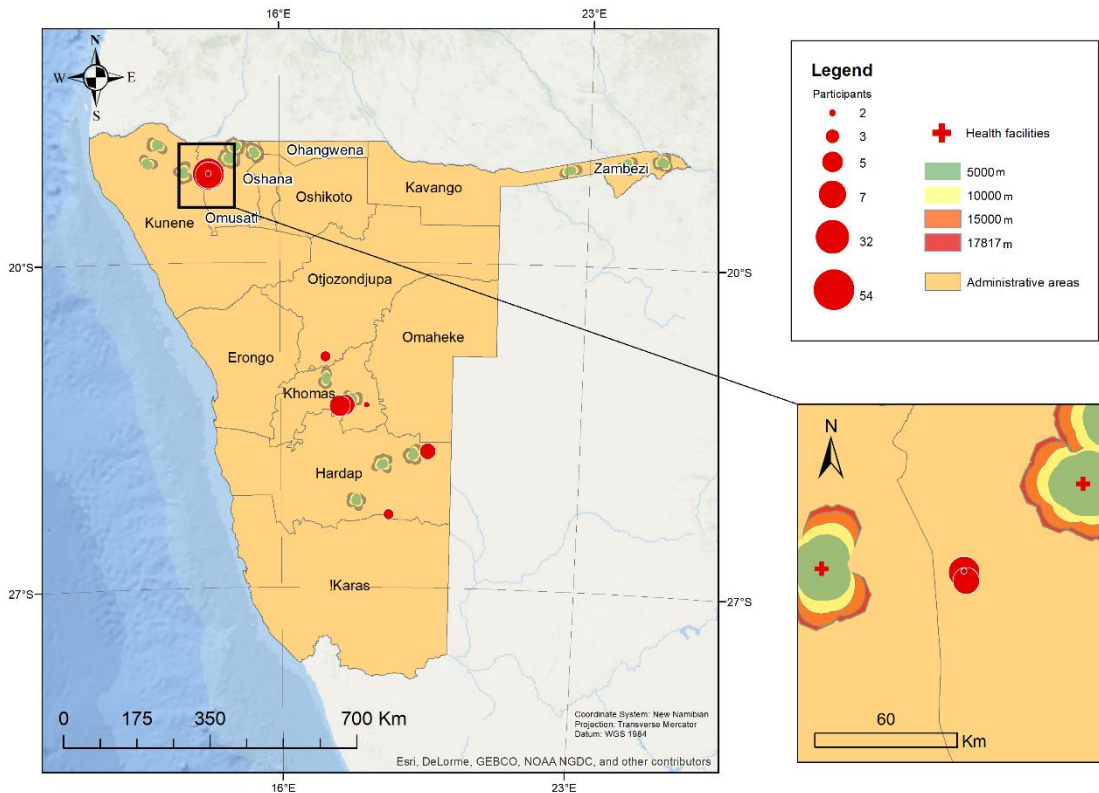


Figure 9: Number of participants located outside the service areas

## 5. Discussion

This paper integrated survey-data collected in a previous study with conventional network-distances in Namibia. The aim was to; identify the main barriers, the most vulnerable areas and the inequalities in access to healthcare. Composite quality care scores, based on the statement for each satisfaction-dimension in the survey, were calculated to represent the non-spatial part of the analysis. Additionally, this were used to create satisfaction-adjusted distances so that each participant was moved back or forward along the edges of the road-network.



The study revealed that the main barriers in accessing healthcare in the five study-regions were; 1) Physical health, 2) Waiting time before being attended to, and 3) Lack of transportation from home to facility. That tells us that the challenge of getting to the facility is demanding for many participants. However, there are variations within the study-areas. E.g. Zambezi region has the shortest travel-times, nevertheless they score second lowest on the qi-scores. That substantiate the emphasize of this study, were the combination of perceived and measured access are central. The purpose of the SAD-integration was to examine this relationship between spatial and nonspatial access, and to highlight the main barriers. By doing so, this paper contributes with useful information. Facilities may improve the amount of waiting time while the government might provide an improved and affordable shuttle service.

Vulnerable areas were classified as places with a high density of participants from outcome D, which means participants with low scores on both measured and perceived access. The findings identified the border between Kunene and Omusati regions as the most challenging area. 64% of the participants in outcome D were located here. Additionally, there is areas outside the capital Windhoek in Khomas region and in Hardap which is classified as vulnerable. The vulnerable areas consist of 52% females and 48% males, and the average age was 39 years old. The separation of participants scoring above and below the average were used to fit the outcome-model as illustrated in table 9, and could be modified in future SAD-studies. However, the separation enables us to select individuals with general poor measured access and who stands out as particularly dissatisfied with the healthcare access.

## **6. Conclusions, limitations and future research directions**

The combination of perceived and measured access is a useful contribution to the healthcare accessibility literature as it covers a theme that have been largely overlooked in many research-programs. Using a SAD-method enables us to study the linkage between perceived and measured access, and to highlight the importance of patient's perception with care. It does also illuminate the complexity of access, and may be a contribution in future work with mixed-method approaches in healthcare research.

This research demonstrates that GIS technologies have a lot to offer in healthcare studies, and not only for spatial purposes. Probably, GIS will continue be an important supplement in future studies with new methods and models. This paper builds on Hawthorne and Kwan's study (2012) where they used a SAD-analysis in urban surroundings. Using perceived access as an impedance highlighted that Zambezi, even though these participants were located

closest to the utilized facilities, still perceived poor access. The resulting vulnerable areas indicated areas where participants were dissatisfied with the quality of the facility, they were struggling to pay for the services, or they experienced their health condition as challenging. This study also demonstrated that there is no clear connection between measured and perceived accessibility, which indicates the importance of quality medical facilities as this affects the client's perceptions.

This article suggest that future studies should gain access to proper speed-limit-data in addition to a more complex road network informing about driving directions, stops and pavements as this may result in more accurate results. Additionally, using topography and land use-data may contribute to more realistic travel distances, especially if using travel time as an impedance. Despite these limitations, this paper aims at being a contribution to the Namibian health system as well as for future studies. Hopefully the results achieved through this research can highlight the need of improving the provision of healthcare, and to fight the most prominent barriers, in the most vulnerable areas.

## 7. References

- Africa Sun Car Hire. (2018). Travel tips for Namibia. Retrieved from [http://www.smiling-africansun.com/namibia\\_tips.htm](http://www.smiling-africansun.com/namibia_tips.htm)
- Alegana, V. A., Wright, J. A., Pentrina, U., Noor, A. M., Snow, R. W., & Atkinson, P. M. (2012). Spatial modelling of healthcare utilisation for treatment of fever in Namibia. *International Journal of Health Geographics*, 11(1), 6. doi:10.1186/1476-072x-11-6
- Brems, C., Johnson, M. E., Warner, T. D., & Roberts, L. W. (2006). Barriers to healthcare as reported by rural and urban interprofessional providers. *Journal of Interprofessional Care*, 20(2), 105-118.
- Colston, J. M., & Burgert, C. R. (2014). Using geospatial analysis to inform decision making in targeting health facility-based programs: A guidance document. *Measure Evaluation*, MS-14-88.
- Comber, A. J., Brunson, C., & Radburn, R. (2011). A spatial analysis of variations in health access: linking geography, socio-economic status and access perceptions. *International Journal of Health Geographics*, 10(1), 44. doi:10.1186/1476-072x-10-44
- Farrington, J., & Farrington, C. (2005). Rural accessibility, social inclusion and social justice: towards conceptualisation. *Journal of Transport geography*, 13(1), 1-12.
- Fone, D. L., Christie, S., & Lester, N. (2006). Comparison of perceived and modelled geographical access to accident and emergency departments: a cross-sectional analysis from the Caerphilly Health and Social Needs Study. *International Journal of Health Geographics*, 5, 16.
- Golledge, R. G. (1997). *Spatial behavior: A geographic perspective*: Guilford Press.
- Graves, A. (2009). A model for assessment of potential geographical accessibility: a case for GIS. *Online Journal of Rural Nursing & Health Care*, 9(1), 46. doi:10.14574/ojrnhc.v9i1.102
- Gulliford, M., Figueroa-Munoz, J., Morgan, M., Hughes, D., Gibson, B., Beech, R., & Hudson, M. (2002). What does 'access to health care' mean? *Journal of Health Services Research & Policy*, 7(3), 186-188. doi:10.1258/135581902760082517
- Hawthorne, T. L., & Kwan, M.-P. (2012). Using GIS and perceived distance to understand the unequal geographies of healthcare in lower-income urban neighbourhoods. *The Geographical Journal*, 178(1), 18-30. doi:10.1111/j.1475-4959.2011.00411.
- Higgs, G. (2004). A Literature Review of the Use of GIS-Based Measures of Access to Health Care Services. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 5(2), 119-139. doi:10.1007/s10742-005-4304-7
- Joseph, A. E., & Phillips, D. R. (1984). *Accessibility and utilization: geographical perspectives on health care delivery*: Sage.
- Kon, Z. R., & Lackan, N. (2008). Ethnic disparities in access to care in post-apartheid South Africa. *American journal of public health*, 98(12), 2272-2277.
- MacLachlan, M., Mannan, H., & McAuliffe, E. (2011). Access to health care of persons with disabilities as an indicator of equity in health systems. *Open medicine*, 5(1), e10.
- Mannan, H. (2009). Project Description. Retrieved from <https://www.sintef.no/projectweb/equitable/project-description/>
- Meade, M., & Earickson, R. (2000). Medical geography. 2000. *New York: Guilford Press Google Scholar*.
- NSA. (2010). NSDI Metadata Browser. Retrieved from <http://geofind.nsa.org.na/>
- Penchansky, R., & Thomas, J. W. (1981). The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction. *Medical care*, 127-140.

Schuurman, N., Fiedler, R. S., Grzybowski, S. C., & Grund, D. (2006). Defining rational hospital catchments for non-urban areas based on travel-time. *International Journal of Health Geographics*, 5(1), 43.

SINTEF. (2016). *The geography of vulnerability and health service in southern Africa*. Research Project. Hentet fra <https://www.sintef.no/en/projects/geohealthaccess-the-geography-of-vulnerability-and/>

Tansley, G., Schuurman, N., Amram, O., & Yanchar, N. (2015). Spatial Access to Emergency Services in Low- and Middle-Income Countries: A GIS-Based Analysis. *PloS one*, 10(11), e0141113. doi:10.1371/journal.pone.0141113

Van Rooy, G., Amadhila, E. M., Mufune, P., Swartz, L., Mannan, H., & MacLachlan, M. (2012). Perceived barriers to accessing health services among people with disabilities in rural northern Namibia. *Disability & Society*, 27(6), 761-775. doi:10.1080/09687599.2012.686877

Wang, F., & Luo, W. (2005). Assessing spatial and nonspatial factors for healthcare access: towards an integrated approach to defining health professional shortage areas. *Health & Place*, 11(2), 131-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2004.02.003>

WHO. (2017). Human rights and health. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs323/en/>

Zere, E., Oluwole, D., Kirigia, J. M., Mwikisa, C. N., & Mbeeli, T. (2011). Inequities in skilled attendance at birth in Namibia: A decomposition analysis. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 11(1), 34. doi:10.1186/1471-2393-11-34

Zere, E., Tumusiime, P., Walker, O., Kirigia, J., Mwikisa, C., & Mbeeli, T. (2010). Inequities in utilization of maternal health interventions in Namibia: implications for progress towards MDG 5 targets. *International Journal for Equity in Health*, 9(1), 16. doi:10.1186/1475-9276-9-16



## Artikkel 2

*En sammenligning av raster- og vektorbaserte beregninger av  
helsesdekningen i Namibia*

## Abstrakt

En del av FNs bærekraftsmål går ut på at alle land skal være i stand til å tilby allmenn helsedekning innen år 2030. En ønsker dermed å oppnå en situasjon der helsetilbudet er nært tilgjengelig, av god kvalitet, og i tillegg tilgjengelig for alle uavhengig sosial status og økonomisk situasjon. For å nå dette målet er det mange hensyn som må tas, og for mange land er man avhengige av at helseressursene fordeles på en måte som maksimerer de positive innvirkningene for en størst mulig del av befolkningen. I denne artikkelen tas det utgangspunkt i Namibia, beliggende sør-vest i Afrika. Ved å benytte både vektor- og rasterbaserte beregninger av helsedekningen i landet ønsker dette prosjektet å bidra til en mer rettferdig fordeling av helsetilbudene, slik at flest mulig er dekket, i tillegg til å identifisere distriktenes respektive dekningsgrader. Analysene, som ble gjennomført i Geografiske Informasjonssystemer (GIS) identifiserte to nye lokasjoner der det vil egne seg å plassere nye helsefasiliteter. Vektoranalysen konkluderte med at sykehuset bør plasseres i den sørlige delen av Oshakati-distriktet, mens rasteranalysen foreslo en lokasjon sør-øst i hovedstaden Windhoek. Ved å benytte ulike data, og ulike tilnærminger, søker denne teksten å være relevant for videre utvikling av helsetilbudet i Namibia, samt å bidra i litteraturen vedrørende raster- og vektorbaserte beregninger av tilgjengelighet.

## 1. Innledning

Alle skal ha tilgang på medisinsk hjelp uten å risikere å ruinere seg økonomisk. Dette er ifølge Dye et al. (2013) essensen bak universell helsedekning. I FNs bærekraftsmål, som ble utviklet i 2015, står det blant annet at man innen 2030 skal oppnå allmenn dekning av helsetjenester (FN-Sambandet, 2018). Denne forpliktelsen krever imidlertid at verdenssamfunnet finner løsninger som forbedrer helsetilbudene på steder der det i dag er dårlig dekning, og at man utvikler metoder som effektiviserer disse prosessene. Ifølge Gwatkin et al. (2004) er det fortsatt slik at tilgangen på helsetilbud blir styrt av den omvendte behovsloven, nemlig at tilgjengeligheten på gode helsetilbud ofte er omvendt i forhold til behovet for det. For å studere slike problemstillinger er geografiske analyser en velegnet tilnærming.

Ulike måter å beregne tilgjengelighet til helsetilbud inkluderer blant annet euklidske beregninger, kostnadsanalyser og nettverksanalyser. Ifølge Alegana et al. (2012) ble tidligere tilnærminger til kvantifisering av geografisk tilgjengelighet i stor grad basert på rettlinjede (Euklidske) eller nettverksbaserte tilnærminger, dog i mindre komplekse verktøy enn hva som tilbys i dag. De ulike tilnærmingene innehar fordeler og begrensninger det er viktig å være bevisst i oppstarten av et prosjekt. Eksempelvis vil en nettverksanalyse forsøke å modellere den faktiske reisen en klient må ta for å nå frem til et helsetilbud langs veier eller andre transportnettverk, mens euklidske tilnærminger begrenser seg til å måle en forenklet rettlinjert avstand (Colston & Burgert, 2014). Ved å benytte to ulike strategier, bestående av forskjellig datamateriale, søker denne teksten å bidra til effektivisering av helsesektoren, samt økt oppmerksomhet til områder som per i dag er dårlig stilt.

Geografiske Informasjonssystemer (GIS) har lenge vært brukt for å studere folks helse og livssituasjon (Foody, 2006). Ifølge Rød (2015) må vi helt tilbake til 1966 for å finne det første eksempelet av et GIS. Likevel er dette en vitenskap i stor vekst som stadig utvikler nye metoder og modeller for å sette helserelaterte problemstillinger i et geografisk perspektiv. Tilnærmingen til studiet av tilgjengelighet bestemmes likevel til dels av tilgjengelig data og hva slags analyse som ønskes gjennomført. Et av valgene som må tas i oppstartsfasen av et prosjekt er om det er hensiktsmessig å benytte en vektorbasert- eller rasterbasert analyse.

De to hovedstrategiene for å representere virkeligheten i et GIS er ved hjelp av vektordata, som er assosiert med diskrete objektanskuelser, og rasterdata som assosieres med kontinuerlig feltanskuelser (Rød, 2015). Selv om det er viktig å understreke at disse strategiene ikke er gjensidig utelukkende, vil det ofte være en dominerende tilnærming som benyttes i et



prosjekt. For å identifisere områder med dårlig tilgang på helsetilbud vil denne teksten benytte to ulike tilnærminger, henholdsvis én vektor-, og én rasterorientert tilnærming. Disse analysene gjennomføres separat, før de knyttes sammen for å identifisere hvilke områder helsesektoren bør benytte ressursene på.

Dersom en skal nå målet om allmenn dekning av helsetilbud før 2030 bør investeringene som gjøres være effektive. Colston og Burgert (2014) påpeker at helseressurser må fordeles forsiktig og veloverveid om man skal maksimere innvirkningen en investering har på folkehelsen. Investeringene bør i så måte være et resultat av grundige analyser der kvalitetssikrede data benyttes. De ulike metodene som benyttes her vil fremheve fordeler og ulemper ved de ulike strategiene, i tillegg til å vise til nye modeller som tas i bruk i helserelatert forskning.

Et av verktøyene som benyttes i denne teksten er «AccesMod», som vil bli knyttet opp mot en vektororientert nettverksanalyse. AccesMod er et verktøy som har blitt utviklet av WHO og Universitetet i Genève for å assistere land i å undersøke de geografiske perspektivene i deres helsesystem (Ray, Ebener, & Moser, 2017). Programmet muliggjør dermed at brukeren kan integrere befolkning- og helsefasiliteter i et anisotropisk miljø, og fremstille ulike scenarier for å identifisere dagens tilgjengelighet, samt muligheter for effektivisering. Denne modellen inneholder andre fremgangsmåter enn en tradisjonell nettverksanalyse, som beregner avstand langs et vegnettverk, noe som kan medføre nye muligheter og eventuelle begrensninger i studier av helsedekning.

Colston og Burgert (2014) påpeker at det per i dag har vært lite tilgjengelig veiledning på hvordan en kan benytte geografiske analyser for å forvalte helseressurser på en måte som maksimerer innvirkningene, samt møter kravet fra en stadig økende befolkning. Forståelse og metodekunnskap om romlige analyser anvendt for å identifisere sårbare områder med dårlig helsedekning er derfor viktig for å kunne for å forbedre situasjonen der det er størst behov. Denne teksten bidrar med romlige analyser av helsetilbudet i Namibia som, meg bekjent, ikke tidligere har blitt gjort, og søker i tillegg å være til nytte i litteraturen om tilgang på helsetilbud. Resultatene som presenteres kan således være til nytte for Namibiske myndigheter i fordeling av helseressurser ettersom det her legges frem forslag til områder med spesielt stort behov for utvikling av helsetilbudet. Formålet med denne teksten er dermed å finne svar på; *hvilke områder i Namibia bør prioriteres i en eventuell oppskalering av helsetilbudet, og hvilke metodiske fremgangsmåter er best egnet for å identifisere disse områdene?*

Artikkelen er bygget opp på følgende måte. I starten av teksten vil det vises til relevant forskning på området, samt metodene som ofte benyttes i helserelatert forskning. Etter å ha vist til relevant forskning presenteres datamaterialet og metodene som benyttes i dette prosjektet. Deretter legges resultatene frem der områdene med dårlig helsedekning blir fremhevet, før disse resultatene blir diskutert. Avslutningsvis presenteres en konklusjon, samt begrensninger og muligheter for videre forskning på temaet.

## 2. Tidligere forskning

Munoz og Källestål (2012) benyttet befolkningsdata og eksisterende data for helsefasiliteter da de målte geografisk tilgjengelighet til helsetilbud, modellerte helsedekningen og beregnet antall fasiliteter beliggende i områder med dårlig dekning i den vestlige provinsen av Rwanda. Ved å benytte tre ulike reisesenarioer, henholdsvis de som; 1) går, 2) går og sykler, samt 3) går og benytter seg av offentlig transport, kunne de beregne reisetid på bakgrunn av reiserutens impedans. Resultatene illustrerte at en betydelig større andel av befolkningen var dekket av helsefasiliteter dersom de benyttet scenario 2, der 58% av innbyggerne lå innenfor en 60-minutters avstand, i motsetning til scenario 1 der kun 26,6% ville nå helsetilbudet innen én time. Forskningsprosjektet påpekte dermed i hvor stor grad transportmåte påvirket tilgjengeligheten på helsetilbud.

Et annet prosjekt som benyttet WHO's verktøy *AccessMod* ble gjennomført av Ebener et al. (2009). De studerte helsetilbudet i Malawi, med vekt på utbredelsen av HIV/AIDS. Ved å benytte geografiske verktøy ønsket de å identifisere nye lokasjoner for helsetilbud ved å utføre en dekningsanalyse. Satellittbilder, befolkningsdata, barrierer (elver og innsjøer), helsefasiliteter og vegnettverk ble integrert i analysen. Prosjektet resulterte i et forslag til fremtidig utbygging av helsetilbudet der de mest folkerike områdene ble prioritert. Ved i tillegg å gjennomføre en omfattende spørreundersøkelse i landet kom de frem til at den lengste aksepterte reisetiden blant befolkningen var på tre timer. Denne reisetiden la dermed grunnlaget for de kalkulerte dekningsområdene. Prosjektet kunne konkludere med at landets dekningsgrad lå godt under den ønskede dekningsgraden på 80%, men at den foreslåtte fasiliteten ville medføre en positiv økning.

En annen tilnærming ble benyttet av Rosero-Bixby (2004) da han studerte tilgjengeligheten av helsetilbud i Costa-Rica. I stedet for å benytte nettverk- eller rasteranalyse ble det benyttet euklidske målinger fra husholdninger til nærmeste fasilitet. Det ble utarbeidet en omfattende vektning av helsefasilitetene etter deres nærhet og størrelse/kapasitet. På den måten kunne deler

av befolkningen beliggende nær en helsefasilitet likevel bli klassifisert som sårbare dersom kapasiteten til nærmeste fasilitet var lavere enn befolkningen i området. En slik tilnærming vil dermed ikke anvende nøyaktige avstander ettersom befolkningens reiseavstand måles i luftavstand, men vil likevel kunne gi en indikasjon på sårbare områder. Ved å gjennomføre disse beregningene i urbane omgivelser, der det trolig vil være kortere avstander til fasiliteter enn på landsbygda, vil muligens de euklidske avstandene være beheftet med mindre feil. Resultatene fra prosjektet ble brukt for å evaluere en ny helsereform i Costa-Rica, og kunne ved å benytte data fra ulike tider presentere en positiv utvikling av dekningsgraden i landet.

I motsetning til de overnevnte prosjektene benyttet Gibson et al. (2011) en vektororientert nettverksanalyse for å måle tilgjengeligheten til helsetilbud. Prosjektet, som ble gjennomført i rurale områder i Kina, søkte å finne svar på hvordan tilgangen på helsetilbud var i disse områdene. Et interessant aspekt i denne studien var sammenligningen med euklidske beregninger. Her kunne resultatene vise til at nettverks-avstandene var omtrent dobbelt så lange som de rettlinjede. Ved å bruke en nettverksanalyse kunne Gibson et al. (2011) konkludere med at 15% av den rurale befolkningen var bosatt utenfor den definerte terskelavstanden på 10 km som var benyttet i prosjektet. Nettverksanalysen av Namibia vil i denne teksten bli gjennomført på lignende måte ved at det lages serviceområder som omkranser områdene rundt helsefasilitetene. I motsetning til det nevnte prosjektet vil det her benyttes reisetid fremfor avstand. På den måten kan en skille tilgjengelighet basert på form for transportmiddel som benyttes for å nå nærmeste fasilitet.

En stor inspirasjon for valg av tema i denne oppgaven var prosjektet til Delamater et al. (2012). I likhet med denne teksten ble raster- og vektororienterte tilnærminger til helsestudier sammenlignet og evaluert. De undersøkte de underliggende datamodellene og metodene som ofte er benyttet i studier av helserelatert tilgjengelighet. Selv om modellenes konstruksjoner er svært ulike, og datamaterialet som benyttes er forskjellig, kunne de konkludere med at områdene som ble klassifisert som sårbare var de samme. Det som likevel skilte de ulike strategiene var prosentandelen av befolkningen som var lokalisert i disse områdene.

Rastermetoden identifiserte i dette tilfellet en høyere andel av befolkningen med dårlig tilgang på helsetilbud. Modellene som benyttes for Namibia, som presenteres i metodedelen, har ulike komponenter som kan ha innvirkninger på det endelige resultatet. Ved å sammenligne strategiene søker denne teksten å være relevant i videreutviklingen av helsesektoren i Namibia, og bidra med informasjon om hva som bør vektlegges i beregning av tilgjengelighet.

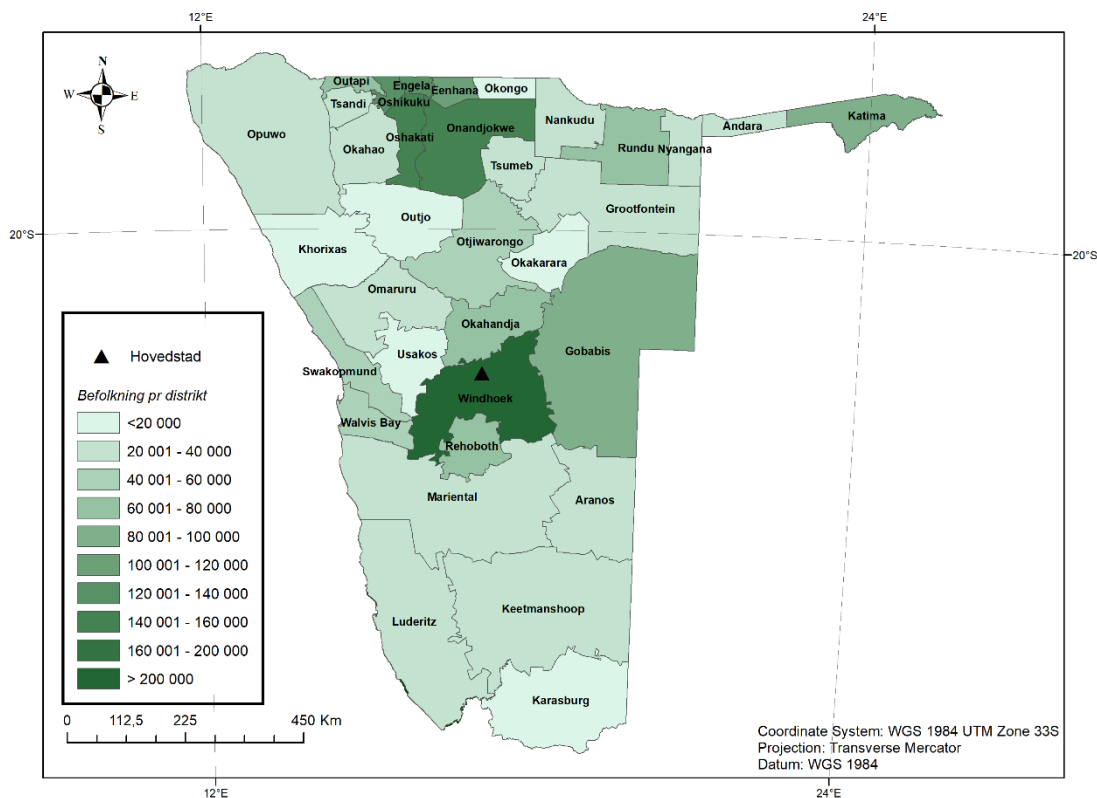
### 3. Studieområde, data og metode

#### 3.1. Studieområdet

Området som dekkes i dette prosjektet er Namibia. Namibia er verdens 34. største land, og er lokalisert mellom breddegradene 17° og 29° S og lengdegrad 11° and 26° Ø i den sørvestlige delen av Afrika. Landet grenser til Sør-Afrika i sør; Angola og Zambia i nord; Botswana og Zimbabwe i øst, samt Stillehavet i vest (UNDP, 2016). Denne artikkelen vil ta for seg alle landets totalt 34 helsedistrikter. Det 824.000km<sup>2</sup> store landet er tynt befolket med kun 2.459.000 innbyggere, noe som gjør at landet er blant de med lavest befolkningstetthet i verden (SINTEF, 2016). Befolkningens spredning kan medføre store forskjeller i dekningsgrad avhengig av beliggenhet, noe denne artikkelen vil studere nærmere.

Namibia består av 200 hektar med kystområder, savanner, frodige flomfelt og pittoreske ørkener (WWF, 2018). I rasterdelen av analysen integreres relieff og arealbruk slik at de resulterende reiserutene blir mest mulig reelle. Etersom store områder i Namibia er ubebodd, spesielt langs kysten i Namibørkenen, vil høydeforskjell og terreng først og fremst ha innvirkning på store avstander.

Med en rapportert nasjonal utbredelse av HIV/AIDS på 15,3% i den voksne generasjonen mellom 15 og 49 år opplever Namibia blant de største HIV-epidemiene i Afrika (Aulagnier et al., 2011). Denne epidemien forsterker betydningen av et godt helsetilbud, slik at en kan motta jevnlig oppfølging og testing. Målet med denne teksten er i så måte å muliggjøre en videre utvikling av helsesektoren, og identifisere områder med stort behov for et bedre helsetilbud. Basert på befolkningsdata fra 2011 kan vi se at de nordlige områdene ved grensen til Angola, samt rundt hovedstaden Windhoek, er de områdene med høyest befolkning i landet.



Figur 1: Fordeling av befolkning pr. 2011.

### 3.2. Datakilder og bearbeiding av data

Ulike romlige datasett har blitt hentet fra forskjellige organisasjoner og bearbeidet ved bruk av ulike GIS-verktøy før de er benyttet i kart og analyser i dette prosjektet. For å adskille raster- og vektoranalysen presenteres datakildene her separat. Her vil datamaterialet som er benyttet i rasteranalysen presenteres først, og deretter vektordata.

#### *Befolkningsdata*

Befolkningsdataene som brukes i dette prosjektet stammer fra *Afripop-prosjektet* som ble opprettet i 2009 (Worldmap, 2010). Dataene tilbyr en romlig oppløsning på 200 meter, noe som danner grunnlaget for rasteranalysen i dette prosjektet. Ved å benytte verktøyet *Zonal Statistics* ble det identifisert en total befolkning på 2 114 029 individer i dette rasteret. Selv om dette er lavere enn dagens befolkningstall benyttes det vektordata med omtrent samme størrelse, noe som gjør sammenligningen uproblematisk.

## DHM

Det benyttes videre en digital høydemodell (DHM) fra NASA's «Shuttle Radar Topographic Mission» (SRTM). Høydemodellen er lastet ned fra USGS' database som tilbyr globale høydedata fra ulike satellitter (USGS, 2016). SRTM dekker mer enn 80 % av kloden, og tilbyr en romlig oppløsning på 92 meter over Namibia. Ettersom befolkningsdataene er fremstilt i 200 meters oppløsning er høydemodellen transformert til lik oppløsning ved hjelp av et aggregeringsverktøy i ArcGIS.

## Arealdekke

Data for arealdekke er hentet fra RCMRD (*Regional Center for Mapping Resource for Development*) og består av diskret rasterdata fra 2010 (RCMRD, 2010). Arealdekket består av seks klasser, som illustrert i tabell 1, og er i likhet med DHM transformert til 200 meters oppløsning. Hensikten med å integrere arealdekke i rasterdelen av analysen er for å modellere ulik friksjon på ulikt underlag, noe vi skal se nærmere på i metodedelen.

Tabell 1: Klasseinndeling for arealdekke

Arealklasse	Arealtype
1	Skogsområder
2	Gressletter
3	Dyrket mark
4	Våtområder
5	Bebygde områder
6	Andre områder / Ørken

## Barrierer, veg- og helsedata

Barrierene som benyttes, altså områder som er utfordrende å passere, er lastet ned fra Namibian Statistics Agency (NSA) og består av nasjonale elver. Videre stammer helsedataene, bestående av 34 helsedistrikt og 334 fasiliteter, fra MoHHS' (Ministry of Health & Social Services) kartlegging fra 2001. I tillegg integreres et vegnettverk bestående av ulike vegsegmenter. Vegdataene er også lastet ned fra NSA (2010), og er opprinnelig utarbeidet av Namibiske vegmyndigheter.

## Vektordata

I *vektoranalysen* benyttes mye av de samme vektordata som brukes i rasteranalysen. Vegnettverket stammer fra NSA (2010). Det samme gjør helsefasilitetene og distriktene som fungerer som statistiske soner. Befolkningsdataene benyttet i denne analysedelen representeres derimot i form av polygoner, og er utviklet av NSA ved å benytte en kombinasjon av flyfoto og satellittbilder. Datasettet stammer fra en optelling i 2011 og inneholder totalt 2.112.755 individer, noe som er 1 274 færre enn det som benyttes i rasteranalysen. Befolkningsdataene brukes for å beregne andelen av befolkningen innen de resulterende dekningspolygonene som dannes av nettverksanalysen.

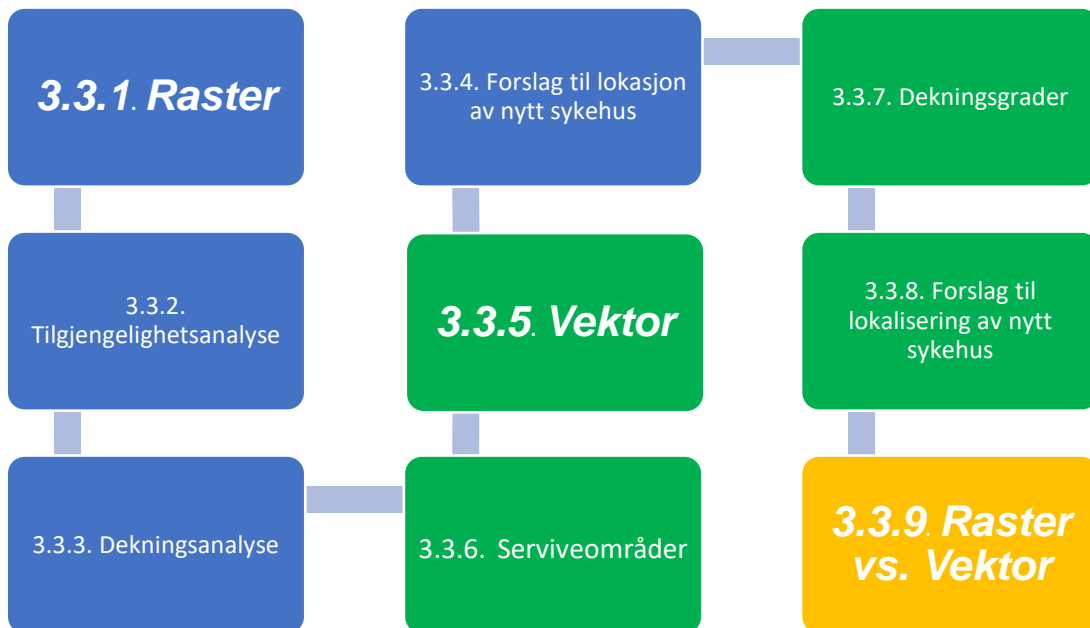
Tabell 2: Oversikt over benyttet datamateriale

Data	Kilde	Datatype	År	Opprinnelig oppløsning
SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1	US Geological Survey ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> )	Raster	2012	92 m
Arealdekke	Regional Center for Mapping Resource for Development ( <a href="http://geoportal.rcmrd.org/layers/servir%3Aanamibia_landcover_2010_scheme_i_1">http://geoportal.rcmrd.org/layers/servir%3Aanamibia_landcover_2010_scheme_i_1</a> )	Raster	2010	32 m
Barrierer	Namibian Statistics Agency ( <a href="http://geofind.nsa.org.na/">http://geofind.nsa.org.na/</a> )	Vektor	2002	NA
Helsedata	Namibia Statistics Agency ( <a href="http://geofind.nsa.org.na/">http://geofind.nsa.org.na/</a> )	Vektor	2001	NA
Befolkning	AfriPop ( <a href="https://worldmap.harvard.edu/data/geonode:AfriPop1km_QCe">https://worldmap.harvard.edu/data/geonode:AfriPop1km_QCe</a> )	Raster	2010	200 m
Befolkning	Namibia Statistics Agency ( <a href="http://geofind.nsa.org.na/">http://geofind.nsa.org.na/</a> )	Vektor	2011	NA
Vegnettverk	Namibia Statistics Agency ( <a href="http://geofind.nsa.org.na/">http://geofind.nsa.org.na/</a> )	Vektor	2017	NA

### 3.3. Metode

Meara et al. (2015) la i 2015 frem et forslag om at minimum 80% av verdens befolkning skulle ha tilgang på akutt medisinsk bistand innen to timer for at målet om universell helsedekning skal kunne bli nådd innen 2030. På bakgrunn av dette vil det også benyttes dekningsområder på to timer i denne teksten. Ettersom fremgangsmåtene for de to strategiene er ulike vil metodene igjen presenteres separat, før de senere føyes sammen. Delamater et al. (2012) påpeker at debatten raster vs. vektor i forhold til romlig datarepresentasjon og analyser i GIS i mange år har pågått i geografisk litteratur, men at problemstillingen i liten grad har vært benyttet i en helserelatert sammenheng. Da fordelingen av ressurser trekkes frem som en avgjørende prosess i forbedringen av helsetilbud, ønskes det med denne teksten å bidra med konkrete forslag til plassering av sykehus, samt metoder for å identifisere disse områdene. Ettersom de underliggende modellene og valgene som gjøres underveis danner grunnlaget for

resultatene, vil strategiene presenteres nærmere i detalj i denne delen. Målet med dette er å skape en større forståelse for resultatene som legges frem, samt å underbygge tekstens reliabilitet. Ettersom analysene er delt inn i flere steg illustreres arbeidsprosessen i figur 2.

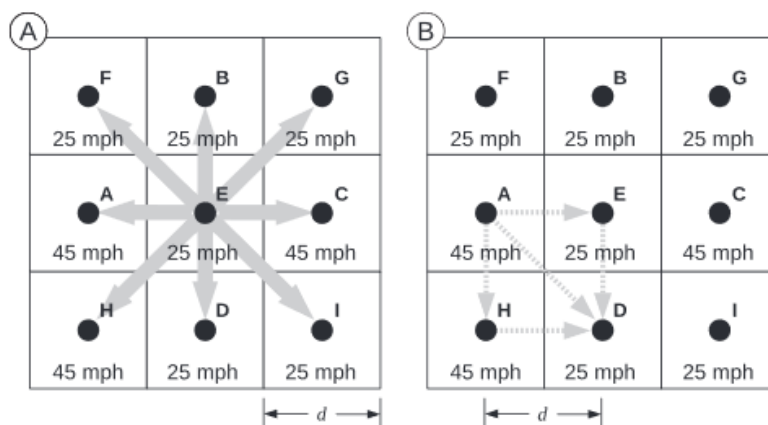


Figur 2: Oversikt over steg i analysen

### 3.3.1. Raster

Et raster er et rutenett av like store og jevnt fordelte piksler (Rød, 2015). I denne analysen benyttes både billed- og tematiske raster, eksempelvis for høydemodellen (bilderaster) og arealdekket (tematisk). Begge disse kartlagene er med å avgjøre hvilken rute et individ blir tillagt da vedkommende skal oppsøke en helsefasilitet. Figur 3a illustrerer alle valgmulighetene et individ har, mens figur 3b viser reisemulighetene mellom celle A og celle D. Rastermodellen beregner raskeste veg basert på verdiene for gradient og arealdekke, og identifiserer således ruten med lavest «kostnad». En reise fra celle B til celle D vil av den grunn ikke beregnes gjennom celle E dersom denne cellen har høy friksjon. Høy friksjon kan være et resultat av lav fartsgrense, bratt stigning, eller at den representerer en barriere.





Figur 3: Beregning av reiserute i et raster. Kilde: Delamater et al. (2012).

Analyseformen som benyttes i denne delen er en form for kostnadsanalyse. Van Leusen (1999) beskriver dette som et teknikk der hver celle har en gitt kostnad, og at disse kostnadene akkumuleres ved å reise i kartet. Underlaget som er brukt i dette prosjektet, og som definerer kostnadene ved å reise langs underlaget er utarbeidet i AccessMod. Ved å slå sammen høydemodellen, arealdekket, vegnettverket og barrierene ble det konstruert et underlag med hierarkisk system, som illustrert i figur 4. Ved å benytte det resulterende rasteret kan man dermed beregne områdene som dekkes av hver enkelt helsefasilitet, noe som er gjort i en tilgjengelighetsanalyse.

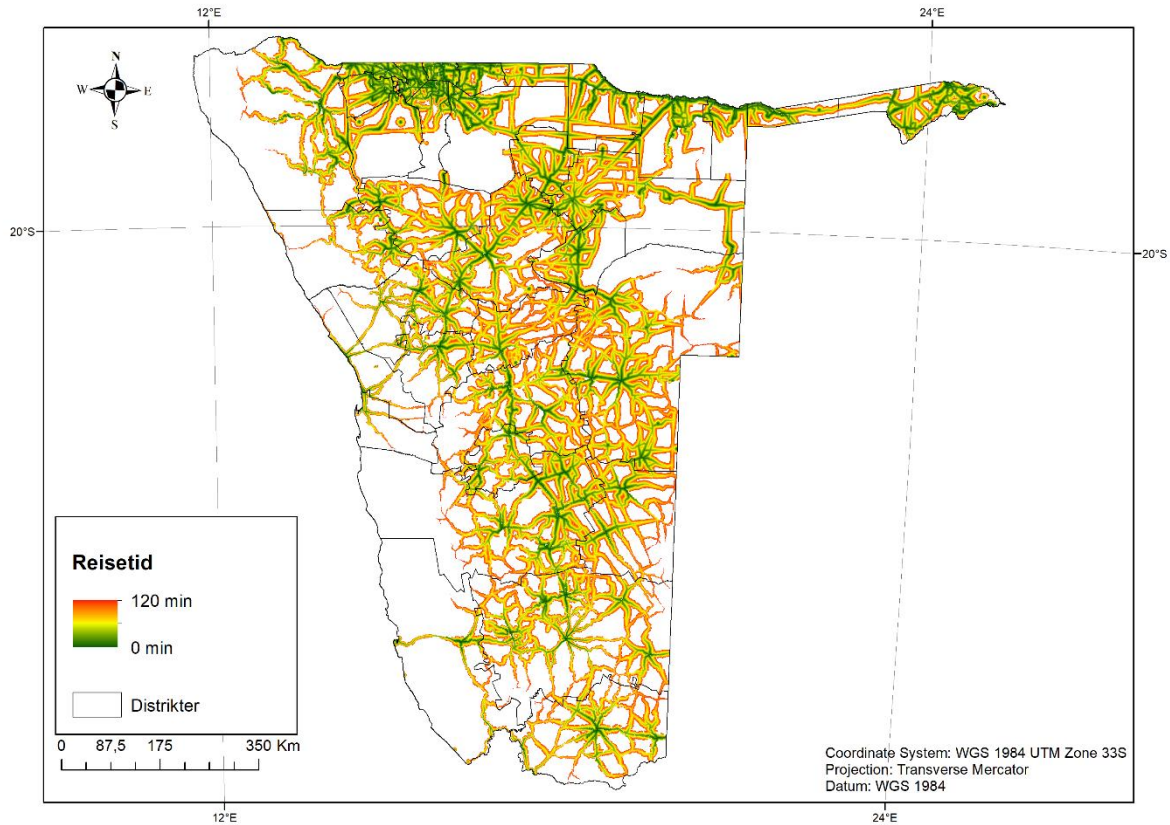
### 3.3.2. Tilgjengelighetsanalyse

AccessMod har et innebygd verktøy der en kan utføre en tilgjengelighetsanalyse basert på det underliggende arealdekkkartet. Tilgjengelighetsverktøyet tillater brukeren å beregne den romlige fordelingen av reisetid til- eller fra nærmeste helsefasilitet (Ray et al., 2017). Områdene som er beregnet i denne delen representerer reisetider på 30, 60, 90 og 120 minutter. Formålet med å benytte de ulike reisetidene er for å gi en bedre oversikt over fasilitetenes utstrekning, samt at det gir et godt bilde av infrastrukturens betydning i et helsesystem. Utstrekningene er kalkulert på bakgrunn av hastighetsverdiene som tillegges de ulike arealtypene- og vegsegmentene. Som illustrert i tabell 3 kan vi se at stamvegene er tillagt den raskeste hastigheten (120 km/t), mens våtmarksområder kun kan forseres i 1 km/t. Etersom det er begrenset med data for fartsgrenser i Namibia ble vegsegmentene klassifisert basert på bilutleiefirmaet «African Sun» (2018) sine hjemmesider. I tillegg er hastighetsverdiene for hver arealtype basert på arbeidet til Alegana et al. (2012) i Namibia.

Tabell 3: Tillagte hastigheter for arealdekke og vegsegmenter.

class	label	speed	mode
1	Forestland	5.00	WALKING ▼
2	Grassland	5.00	WALKING ▼
3	Cropland	5.00	WALKING ▼
4	Wetland	1.00	WALKING ▼
5	Settlement	5.00	WALKING ▼
6	Otherland/Desert	2.00	WALKING ▼
1001	trunk 1	120.00	MOTORIZED ▼
1002	trunk 2	120.00	MOTORIZED ▼
1003	main 1	80.00	MOTORIZED ▼
1004	main 2	80.00	MOTORIZED ▼
1006	main 4	80.00	MOTORIZED ▼
1007	district 1	60.00	MOTORIZED ▼
1008	district 2	60.00	MOTORIZED ▼
1009	district 3	60.00	MOTORIZED ▼
1010	district 4	60.00	MOTORIZED ▼
1011	district 5	60.00	MOTORIZED ▼
1012	district 6	60.00	MOTORIZED ▼
1013	district 7	60.00	MOTORIZED ▼
1014	district 8	60.00	MOTORIZED ▼
1015	district 9	60.00	MOTORIZED ▼

Figur 4 illustrerer de områdene som er klassifisert som *dekket* basert på premissene i denne analysen. Individuer som *går* for å motta medisinsk hjelp må være lokalisert i de grønne områdene, mens bilistene er dekket så lenge de er bosatt innenfor de fargede områdene. Avstandene som er beregnet er justert for anisotropiske forflytninger, noe som betyr at terreng og arealdekke er inkorporert i analysen (Ebener et al. 2005). Det gjør at reisetidene som beregnes er mer virkelighetsnære enn hva isotropiske analyser tilbyr, der en ikke tar stilling til helning eller underlag. Figur 4 viser hvilke områder som er lokalisert innen den definerte reiseavstanden på 120 minutter.



Figur 4: Tilgjengelighet basert på to timers reisetid

### 3.3.3. Dekningsanalyse

Etter å ha modellert tilgjengelighetsområdene er neste steg å identifisere dekningsområder, samt andelen av befolkningen som lever innenfor disse. Ved å benytte helsedistriktene som *soner* kan en innhente dekningsgraden, i prosent, for hvert helsedistrikt ved hjelp av AccessMod. En kombinasjon av reisetidene fra tilgjengelighetsanalysen (figur 4), befolkningsrasteret og vektorlaget for helsedistrikter er benyttet for å beregne denne dekningsgraden. I tillegg integreres en terskelverdi for hver fasilitet. Terskelverdien representerer kapasiteten hver fasilitet har, altså hvor mange individer som kan behandles. Her benyttes tall fra Namibias demografi- og helseundersøkelse fra 2013 (MoHSS & ICF-International, 2014). Da det ikke finnes tilgjengelige kapasitetsdata for hver enkelt fasilitet, er det benyttet et median-tall for hver region.

De resulterende dekningsområdene vil dermed utvide seg til den maksimale reisetiden (120 minutter) dersom befolkningen innenfor dette området er lik- eller mindre helsefasilitetens kapasitet. I tillegg muliggjør AccessMod-verktøyet «*Zonal Statistics*» at man kan se dekningsgraden for ulike reisetider. *Zonal Statistics* fungerer ved at befolkningsrasteret kalkuleres innenfor helsedistriktenes soner. Ettersom resultatene fra raster- og vektoranalysen skal sammenlignes, vil dekningsgradene for henholdsvis; 30, 60, 90 og 120 reiseminutter identifiseres i denne delen.

#### 3.3.4. Forslag til lokalisering av nytt sykehus

Det siste steget som gjennomføres i rasteranalysen er å foreslå plassering av et nytt sykehus. Forslaget som presenteres er et resultat av de tidligere stegene kombinert med tre nye kriterier. Den endelige plasseringen oppfyller følgende kriterier:

- 1) Plasseringen har den største befolkningen innen en radius på 5 km.
- 2) Sykehuset ligger i tilknytning til vegnettverket.
- 3) Beliggende utenfor de eksisterende dekningsområdene

Det nye sykehuset vil dermed plasseres i det mest folkerike området, men utenfor de eksisterende dekningsområdene. I tillegg vil nærhet til transportnettverket gjøre det lettere for befolkningen å nå fasiliteten raskt, samt for sykehuset å nå ut i krisesituasjoner. De nevnte kriteriene inkorporeres i analysen ved hjelp av verktøyet *Suitability Index* i AccessMod-programmet. Verktøyet definerer den best egnede plasseringen av et nytt sykehus ved å kombinere de romlige forholdene med ulike «egnethets-faktorer» (Ray et al., 2017). I gjennomførelsen av analysen benyttes befolkningsdata for å identifisere de mest folkerike områdene utenfor dekningsområdene - rasteret fra tilgjengelighetsanalysen brukes for å ekskludere allerede dekkede områder – det sammensatte arealdekket sørger for at sykehuset ikke plasseres ugunstig i forhold til barrierer – i tillegg til at helsetilbudene integreres for å informere om hvilke typer fasiliteter som er gjeldende i et område.

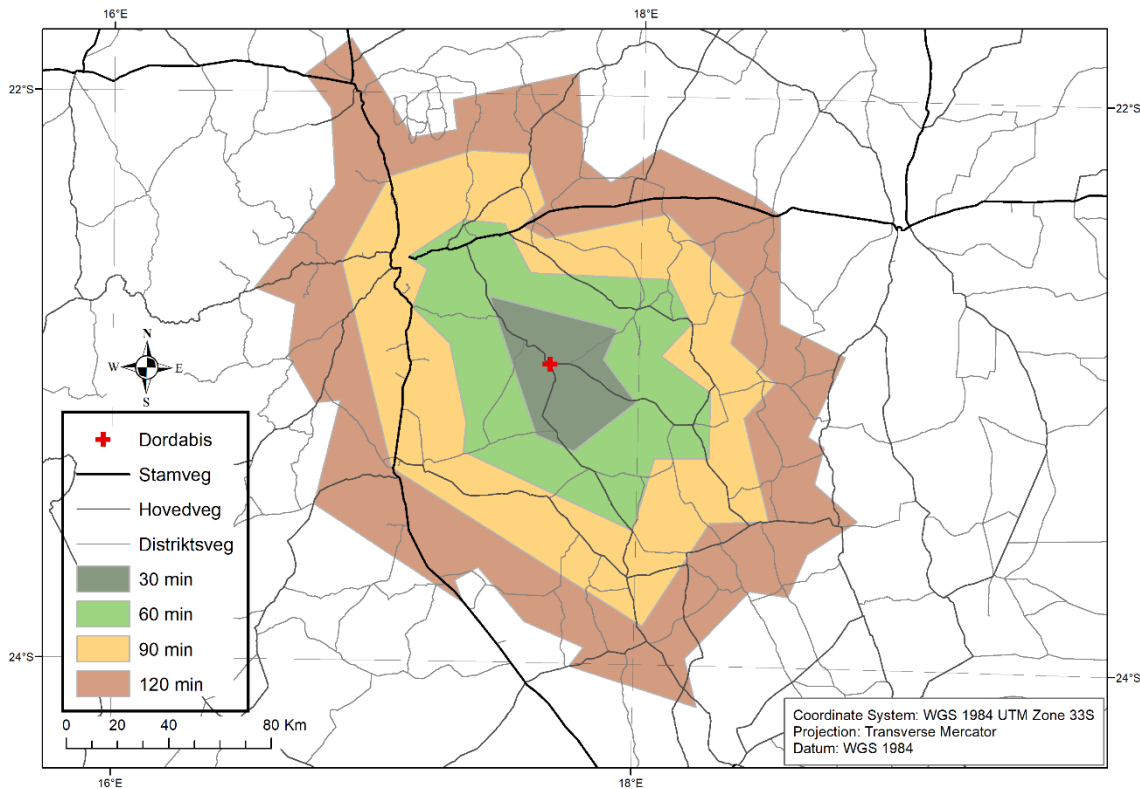
### 3.3.5. Vektor

Den vektorbaserte metoden er en nettverksanalyse. En nettverksmodell består av en rekke noder (knotepunkter) som er knyttet sammen av linjer (Delamater et al., 2012). I motsetning til rastermodellen vil alle avstander beregnes langs dette vegnettverket. Der rastermodellen beregner avstand basert på pikselverdier, måler nettverksmodellen avstand langs et transportnettverk. Kwan & Hong (1998) hevder at avstandene som beregnes i en nettverksmodell med stor sannsynlighet oppleves likt som i virkeligheten ettersom det er stor likhet mellom datastrukturen og virkeligheten.

I dette prosjektet er tre ulike vegsegmenter føyet sammen til et transportnettverk, henholdsvis; distriktsveier, hovedveier og stamveier mellom byene. Datasettet danner relasjoner mellom de ulike linjesegmentene ved hjelp av topologiske forhold, noe som gjør nettverket gunstig i analyser. Som impedans benyttes de samme hastighetene som i rastermodellen, altså 60 km/t langs distriktsveier, 80 km/t på hovedveier og 120 km/t på stamveier. Et nettverk-datasett gjør det mulig å implementere enveiskjørt veier, stopper ved trafikklys etc., men ettersom det er begrenset med utfyllende vegdata for Namibia blir ikke dette tatt stilling til.

### 3.3.6. Serviceområder / Dekningsområder

Det første steget i nettverksanalysen er å lage serviceområder. Dette er gjort ved å legge inn alle helsefasilitetene som inngangsdata, og spesifisere en gitt reisetid. Her er det benyttet reisetider for 30, 60, 90 og 120 minutter, i likhet med rasteranalysen. De resulterende dekningspolygonene, som illustrert for Dordabis-klinikken i figur 5, viser hvor langt unna et individ kan være bosatt og likevel klassifiseres som dekket. Polygonene definerer dermed hvilken utstrekning hver fasilitet har, og kan videre benyttes for å inndele befolkningen etter hvorvidt de er dekket eller ikke (Colston & Burgert, 2014). Dekningsgraden kalkuleres videre i neste steg.



Figur 5: 30, 60, 90 og 120 minutters dekningsområder fra Dordabis-klinikken

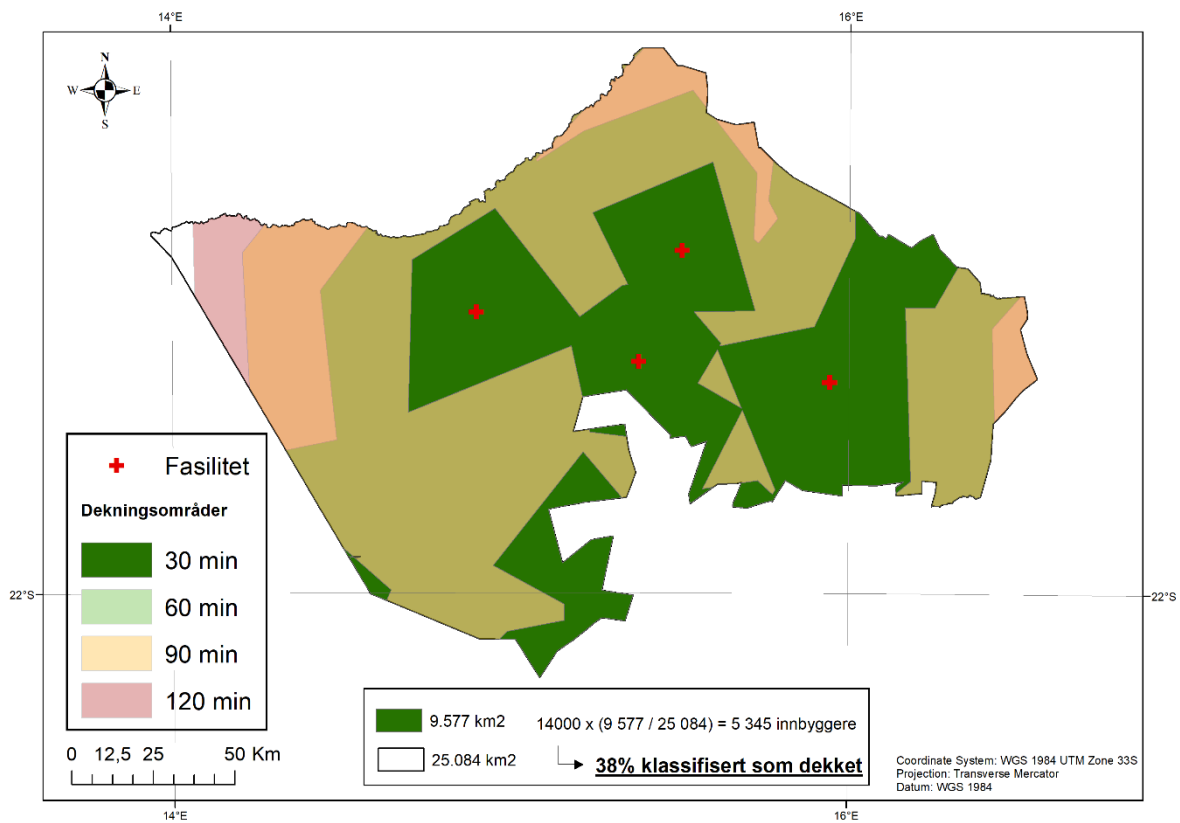
### 3.3.7. Dekningsgrad

For å kunne beregne dekningsgraden for hvert distrikt blir serviceområdene slått sammen ved hjelp av *Dissolve-verktøyet* i ArcGIS. Den resulterende geometrien representerer dermed det totale arealet som blir dekket, og ikke summen av alle polygonene som går over i hverandre. Ettersom vi ikke har informasjon om befolkningens romlige spredning innad i distriktene på vektordataformat, tas det utgangspunkt i at individene er jevnt fordelt i rommet. Beregningen av de udekkede områdene ble kalkulert på grunnlag av følgende formel:

$$Udekkede\ områder = \frac{Areal\ serviceområde}{Areal\ helsedistrikt}$$

Den nasjonale dekningsgraden ble videre identifisert ved å finne gjennomsnittet av distriktenes respektive dekningsgrader. Likevel var en sentral del av analysen å beregne andelen av befolkningen som kan klassifiseres som udekket innen hvert helsedistrikt. Dette ble gjort ved å multiplisere befolkningstallet med prosentandelen av distriktet beliggende utenfor serviceområdene. Figur 6 illustrerer her hvordan dekningsgraden er beregnet. Kartet

viser den romlige utstrekningen for fire fasiliteter basert på de ulike reisetidene, mens dekningsgraden kun er basert på 30 minutters reisetid fra fasilitetene. Som figuren viser dekkes totalt 38% av befolkningen innen den definerte tiden.



Figur 6: Beregnet dekningsgrad basert på 30 minutters reisetid.

### 3.3.8. Forslag til lokasjon av nytt sykehus

Etter at det er laget serviceområder, og dekningsgraden er kalkulert, gjenstår det siste steget; å identifisere en egnet beliggenhet for et nytt sykehus. Dette ble gjort ved å beregne antall mennesker beliggende utenfor dekningspolygonene, og deretter identifisere distriktet med flest udekkede individer. Ettersom forrige steg identifiserte antall individer *innenfor* dekningsområdene, gjenstod det bare å finne differansen fra distriktets totale befolkning.

Etter at distriktet med flest udekkede individer var identifisert, var neste steg å klippe til dette distriktet slik at utstrekningen kun representerte området uten helsedekning. Deretter ble verktøyet *Mean Center* benyttet. Mean center kalkulerer det sentrale punktet i polygonet basert på de eksisterende koordinatene i attributt Tabellen, og resultatet identifiserer det området som er mest hensiktsmessig for et nytt sykehus. «Mean center» ble benyttet ettersom

vektoranalysen ikke muliggjør å velge egnet plassering på grunnlag av befolkningstetthet, og resultatet vil dermed heller være en indikasjon på et egnet område. Det nye sykehuset vil da være plassert sentralt i et udekket område med x antall udekkede individer, og bør videre inneha en kapasitet som kan håndtere denne befolkningen.

### 3.3.9. Raster vs. Vektor

Selv om de konseptuelle modellene av rom, dataformat og algoritmer er forskjellige for de ulike strategiene for å representere geografiske data, er de grunnleggende premisene for avstandsmåling ganske like (Delamater et al., 2012). Likevel benyttes det her ulike data, med ulik detaljeringsgrad, noe som kan påvirke det endelige resultatet. For å forstå utfallet av analysen er det viktig å være bevisst modellenes ulike oppbygninger, noe som kort oppsummeres i tabell 4. Tabellen illustrerer hvilke komponenter som blir tatt hensyn til i de ulike modellene, samt detaljeringsgraden de ulike prosessene resulterer i.

Tabell 4: Datatyper og romlig oppløsning

Data	Raster	Vektor
Terreng	Ja – 200 m	Nei
Arealdekke	Ja – 200 m	Nei
Befolkning	Ja – 200 m	Ja - polygoner
Distanse	Ja – basert på 200m oppløsning	Ja – basert på noder og linjer
Fasiliteter	Ja - punkt	Ja - punkt
Barrierer	Ja - linjer	Nei

For begge strategiene er det utarbeidet et veghierarki. Et slikt hierarki beskrives av Delamater et al. (2012) som en klassifisering av vegene for å kontrollere trafikkflyten. Ettersom vegsegmentene har ulik verdi for fart/impedans, vil dette påvirke reisetiden for et individ. Hierarkiet skiller segmentene slik at befolkningen alltid vil foretrekke vegsegmentene øverst i hierarkiet.

Tabell 5: Veghierarki

Type veg	Modellert fart
Stamveg	120km/t
Hovedveg	80km/t
Distriktsveg	60km/t



## 4. Resultater

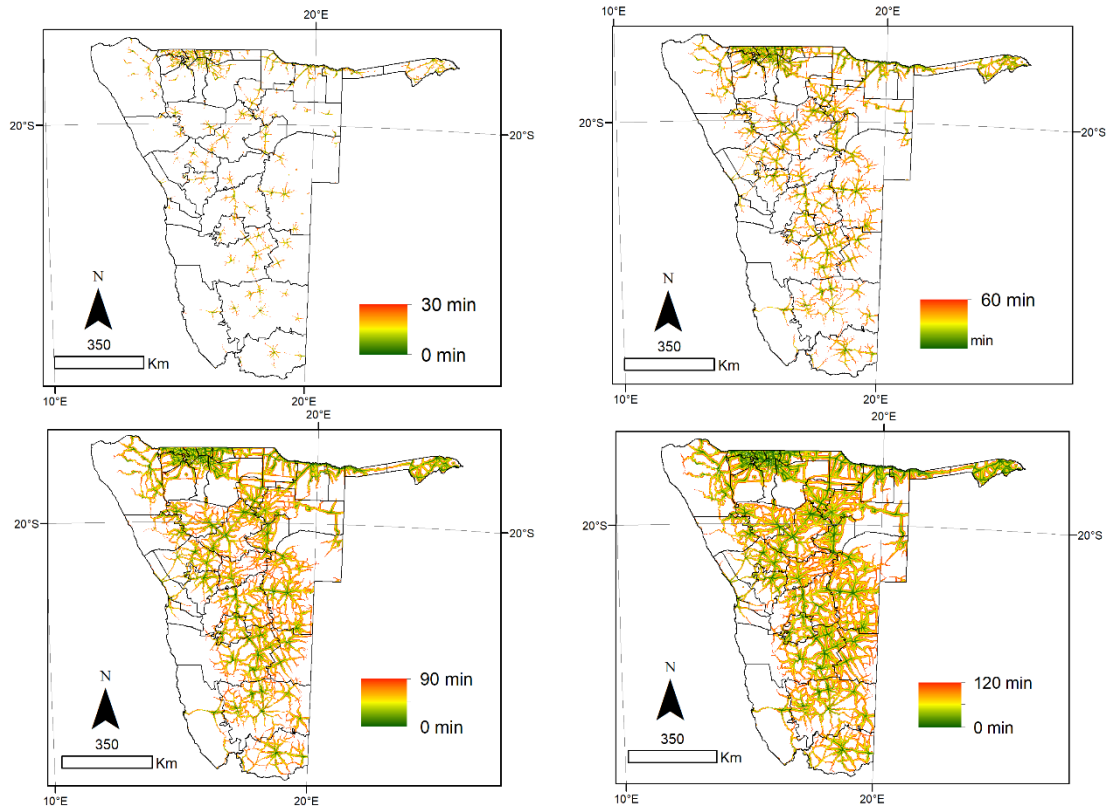
For å kunne presentere de endelige resultatene for lokal- og nasjonal dekningsgrad, samt forslag til lokasjon for et nytt sykehus må en gjennom de ulike stegene som er nevnt ovenfor. Etersom resultatene fra hvert steg kan benyttes i oppfølgende prosjekter vil også disse presenteres før de endelige resultatene for dette prosjektet legges frem. I denne delen vil det derfor presenteres resultater for:

- 1) Tilgjengelighetsanalyse – Geografisk utstrekning fra fasilitetene basert på 30, 60, 90 og 120 minutters reisetid.
- 2) Helsefasilitetenes dekningsområder
- 3) Nasjonal- og lokal dekningsgrad for de ulike reisetidene.
- 4) Forslag til plassering av nytt sykehus.

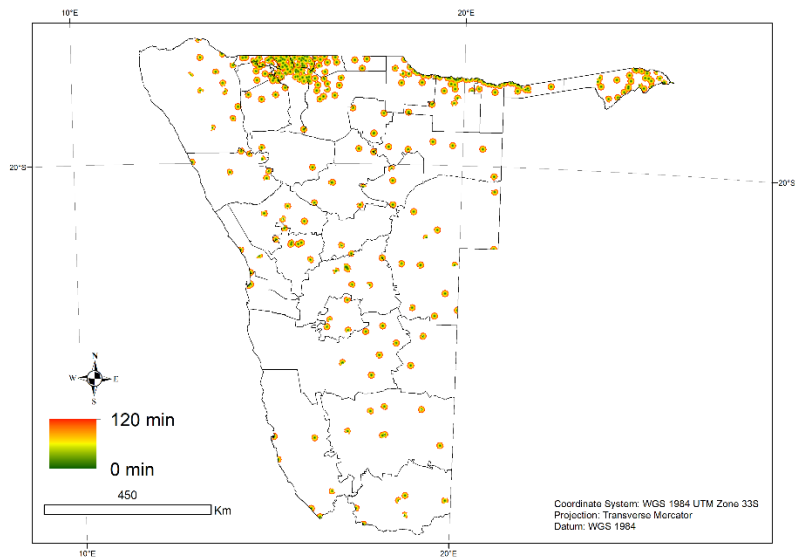
### 4.1. Raster

#### *Reisetid*

Tilgjengelighetsanalysen indikerer at infrastrukturen, og spesielt tilgang på bil eller offentlig kommunikasjon, øker dekningsgraden betraktelig. Stamvegene, som er transportårer mellom de sentrale byene, er viktige bidragsyttere når det gjelder å knytte helsefasilitetene sammen. Som figur 7 illustrerer er det stor forskjell mellom 30 og 120 minutters reisetid i geografisk utstrekning. Det presenteres her to scenarioer; Figur 7 viser en utstrekning der fotgjengere og bilister er beregnet, mens figur 8 kun illustrerer fotgjengernes scenario. Selv om Munoz og Källestål (2012) påpeker at gåing er den dominerende transportformen i rurale områder i Afrika, vil dekningsgraden likevel beregnes ut fra tilgjengelighet med bil. Årsaken til dette er at resultatene da kan benyttes av helsesektoren for å kartlegge utrykningsområder, i tillegg til å illustrere potensielle dekningsområder.



Figur 7: Tilgjengelighetsområder; 30, 60, 90 og 120 minutter



Figur 8: Tilgjengelighetsområde for fotgjengere

## Dekningsområder

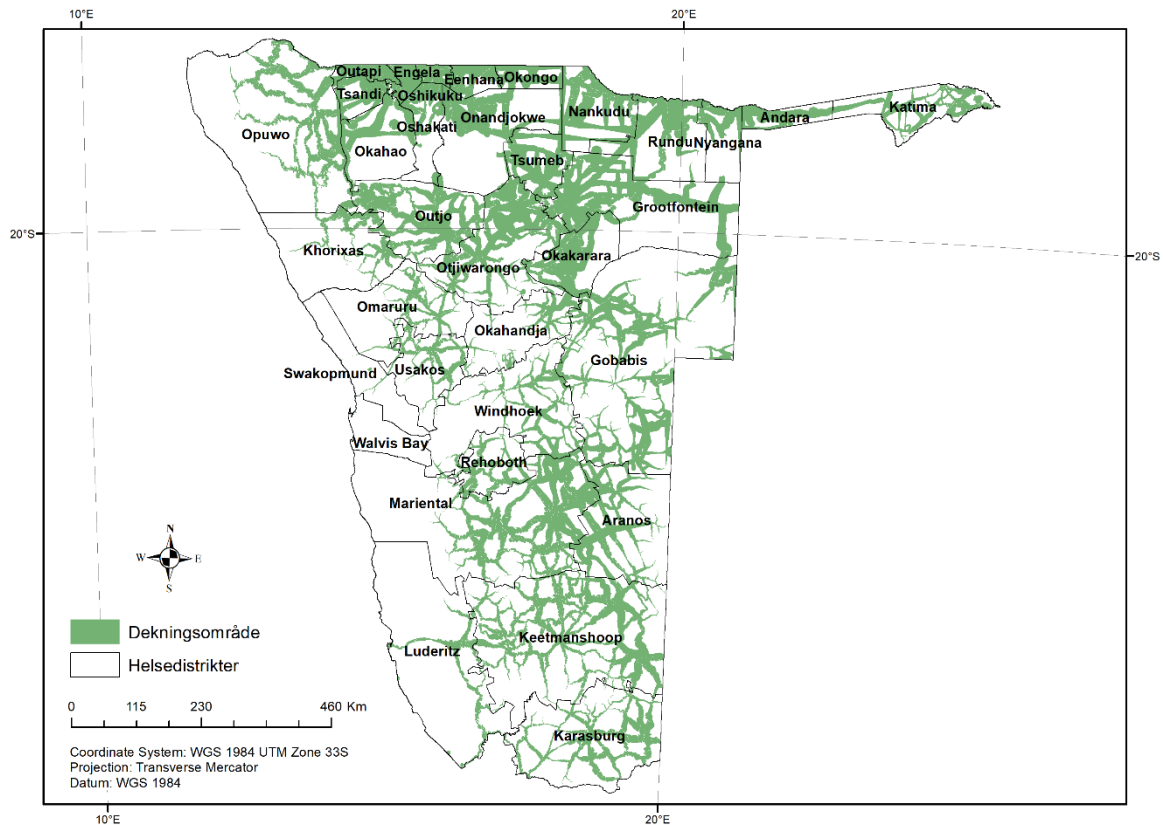
En sentral del av dekningsanalysen er at fasilitetenes kapasitet blir integrert, noe som kan medføre at individer ikke dekkes dersom kapasiteten til en fasilitet er fullt utnyttet. Huerta Munoz & Källestål (2012) beskriver dekningsgrad som relasjonen mellom fasilitetens kapasitet, den fysiske tilgjengeligheten og befolkningens spredning. Denne dekningsanalysen modellerer helsefasilitetenes respektive nedslagsfelt ved å kombinere et befolkningsraster med fasilitetenes kapasitet, underlaget- og terrenget på veien, samt reisetid.

Integreringen av barrierer i oppsettet av analysen medførte at totalt 117.947 individer (5,7 % av befolkningen) ble ekskludert fra analysen ettersom de var befant seg i områder klassifisert som barrierer. Dette medførte at det totale befolkningstallet som ble analysert var 1.996.082. Ved å benytte mediantall for kapasitet på regionalt nivå kan vi se at fasilitetene er nær å tilby 100% dekning. Hvorvidt den geografiske distribusjonen av helsetilbud påvirker hvert distrikts kapasitet gjenstår likevel å se. Tabell 6 viser mediantallet som benyttes for å beregne helsefasilitetenes kapasitet i hver region, samt hvor mange fasiliteter som inngår i analysen. Med en befolkning på 1.996.082 individer viser tallene at helsesektoren har et potensial til å behandle 96,5 % av befolkningen.

Tabell 6: Kapasitet på regionalt nivå

Region	Mediantall for kapasitet per region (basert på tall fra MoHSS 2013)	Antall fasiliteter i hver region (basert på MoHSS kartlegging fra 2001)	Total kapasitet per region
Caprivi	2.600	27	70.200
Erongo	3.050	26	79.300
Hardap	4.200	16	67.200
Karas	4.725	22	103.950
Kavango	4.233	55	232.815
Khomas	12.050	18	216.900
Kunene	2.600	24	62.400
Ohangwena	9.400	28	263.200
Omaheke	4.700	15	70.500
Omusati	5.600	43	240.800
Oshana	13.100	15	196.500
Oshikoto	8.700	22	191.400
Otjozondjupa	5.700	23	131.100
<b>Total</b>		<b>334</b>	<b>1.926.265</b>

Resultatet av dekningsanalysen indikerer at de nordlige og sentrale områdene har god dekning, mens de rurale områdene langs kysten har minimalt med dekkede områder. I tillegg kan man se at veghierarkiet påvirker dekningsområdene der infrastrukturen er godt utbygd, noe figur 9 illustrerer. Form og utstrekning på dekningsområdet er et resultat av arealdekke, vegnettverket og topografien langs ruten. Dette kan vi se ved at helsefasilitetene som er lokalisert langt fra transportnettverket, bl.a. fasilitetene beliggende langs kysten, har betraktelig mindre dekningsareal enn fasilitetene langs transportårer. Figur 9 illustrerer et dekningsområde basert på 120 minutters reisetid.



Figur 9: Dekningsområde basert på 120 minutters reisetid

Selv om dekningsanalysen illustrerer få dekkede områder i rurale Namibia vil det ikke si at dekningsgraden er lav. Fordelen med en dekningsanalyse i AccessMod-programmet er slik Ray et al. (2017) beskriver det; at kun én fasilitet blir behandlet om gangen. Dermed vil befolkningen innen den benyttede reisetiden (120 minutter i dette tilfellet) bli knyttet opp mot en annen fasilitet enn sin nærmeste dersom terskelverdien overskrides. For å gi et helhetlig bilde av Namibias helsetilbud, som ikke kun baseres på geografisk utstrekning, vil det neste steget beregne distriktenes respektive dekningsgrader, medregnet tilgjengelig kapasitet.

## Dekningsgrad

I tillegg til å identifisere lokal- og nasjonal dekningsgrad kalkulerer rastermodellen fasilitetenes respektive dekningsgrad, den gjennomsnittlige reisetiden før terskelverdien er nådd, samt andelen av fasilitetenes kapasitet som ikke blir utnyttet. Denne informasjonen er nyttig for å forstå hvilke fasiliteter som kan oppleve stort press, i tillegg til fasiliteter med ubenyttet kapasitet. Videre kan resultatene benyttes i helsepolitiske øyemed, eksempelvis i ressursforvaltning, da en her får presentert potensial og begrensninger for de ulike fasilitetene.

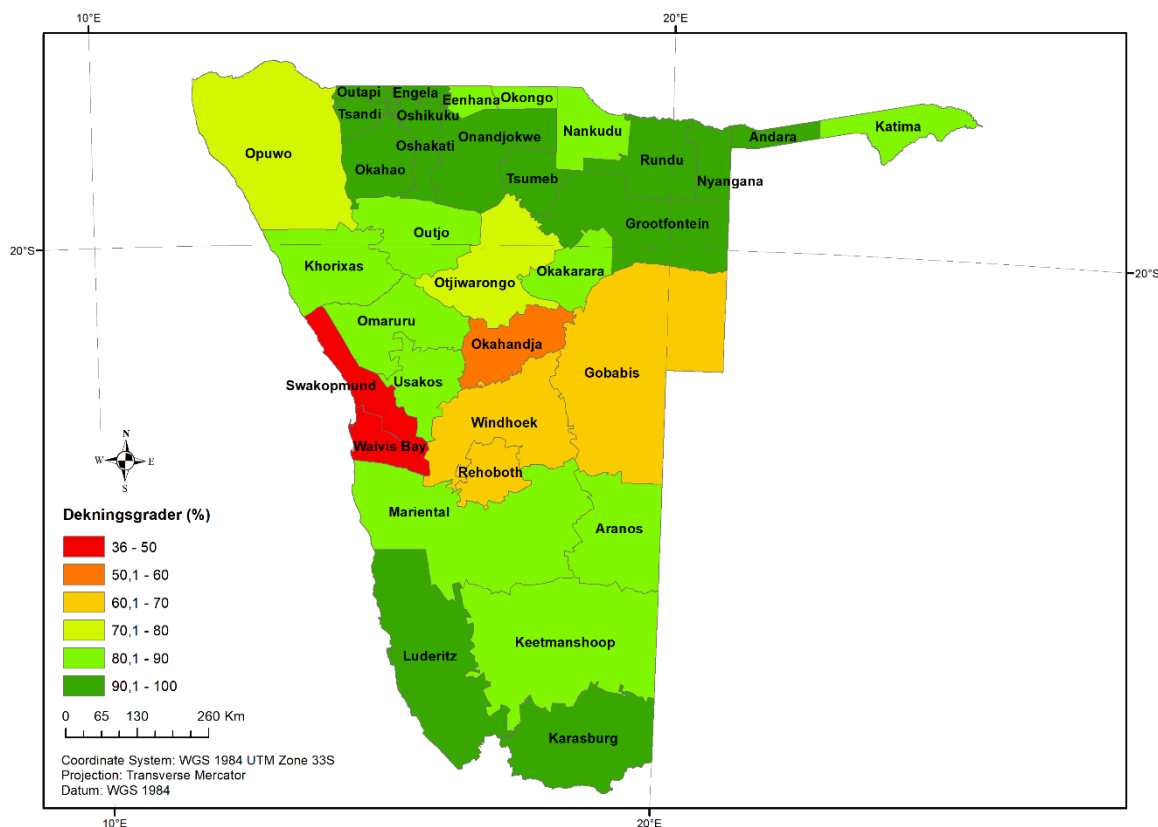
Før vi ser nærmere på reisetider og utnyttet kapasitet skal vi her se på distriktenes respektive dekningsgrader, basert på 120 minutters reisetid. Tabell 7 viser distriktenes dekning basert på fasilitetenes kapasitet, og ekskluderer dermed individer som er bosatt nære en fasilitet dersom kapasiteten er fullt utnyttet. Distriktene er rangert fra best til dårligst prosentvis dekning.

Tabell 7: Dekningsgrad per helsedistrikt

Helsedistrikt	Befolkningssum	Dekket befolkning	Dekningsgrad (%)
Outapi	71963.78293	71873.72123	99.87
Oshikuku	93963.59506	92097.47169	98.01
Engela	162704.9169	159150.7934	97.81
Andara	30182.88355	29166.18514	96.63
Oshakati	143721.1403	138475.5237	96.35
Nyangana	17266.83127	16611.3703	96.20
Tsandi	43656.14566	41654.27047	95.41
Luderitz	22481.25557	21345.53602	94.94
Rundu	85475.14039	80286.55469	93.92
Okahao	31705.55799	29297.09878	92.40
Grootfontein	32699.58315	30210.41863	92.38
Tsumeb	19514.99992	18006.74038	92.27
Onandjokwe	141193.8393	128721.1803	91.16
Karasburg	17946.7519	16356.35363	91.13
Okakarara	16279.34408	14378.9135	88.32
Keetmanshoop	33054.16547	29168.93604	88.24
Katima	79642.59893	70084.42161	87.99
Mariental	33025.45282	28586.41561	86.55
Nankudu	33275.11323	28589.30976	85.91
Eenhana	58405.64395	49953.93714	85.52
Usakos	12354.68824	10394.12001	84.13

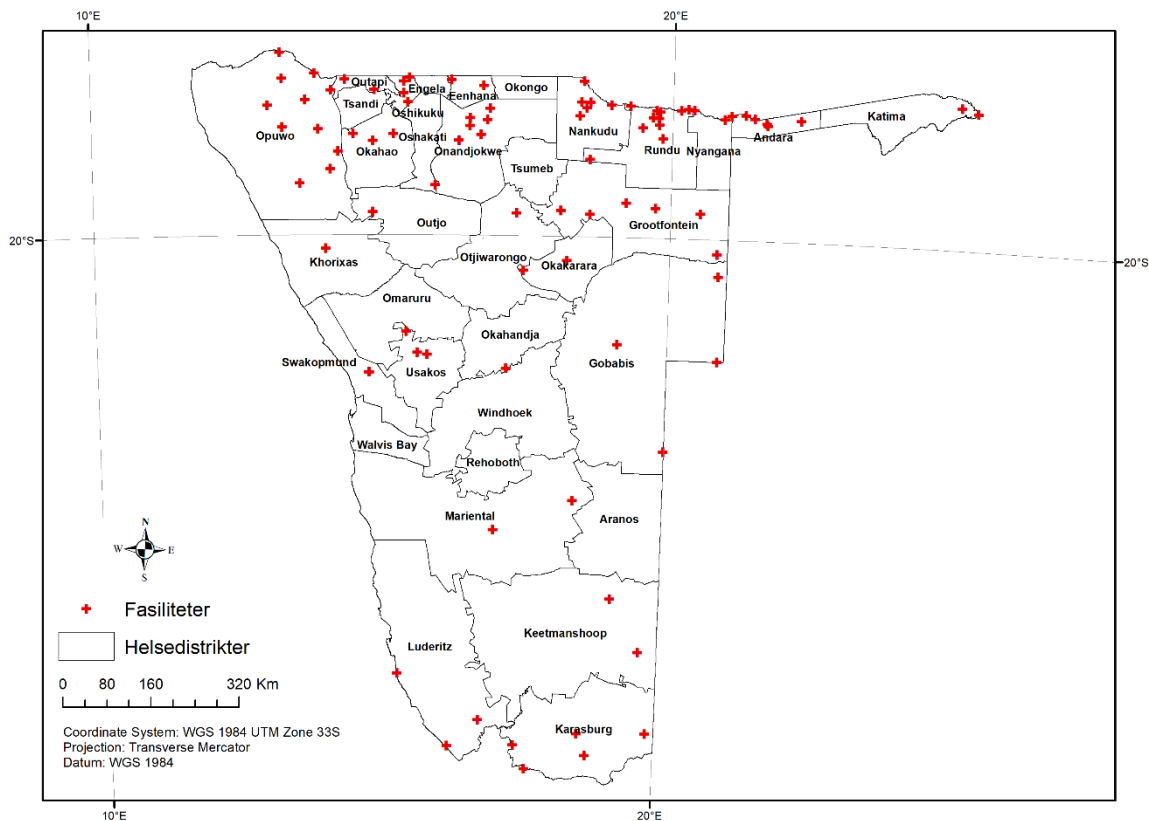
Omaruru	29750.05812	24808.57055	83.38
Okongo	16787.57179	13996.04299	83.37
Outjo	16479.46781	13352.3414	81.02
Aranos	14840.11349	11896.0606	80.16
Khorixas	13677.49603	10962.9306	80.15
Otjiwarango	69817.83595	54291.17697	77.76
Opuwo	31111.36696	22154.96263	71.21
Windhoek	330.764.3815	218.769.7583	66.14
Rehoboth	64590.00224	41982.17728	64.99
Gobabis	88903.24437	53576.00225	60.26
Okahandja	35104.30885	17710.50201	50.45
Walvis Bay	52884.82309	20264.14773	38.31
Swakopmund	50857.93276	18459.89036	36.29

Som tabellen viser er det store regionale forskjeller når det gjelder dekningsgrader. Swakopmund og Walvis Bay, som begge tilhører Erongo-regionen, har med sine totalt 103.743 innbyggere hele 65.018 individer klassifisert som udekket. I motsatt ende av skalaen ligger Oshikuku og Outapi som begge ligger i Omusati-regionen. Av totalt 165.927 innbyggere klassifiseres kun 1.956 av disse som «udekket». Mye av årsaken til den store forskjellen mellom disse regionene er kapasiteten som tilbys. Walvis Bay og Swakopmund har med sine 12 helsefasiliteter en total kapasitet til å behandle 36.600 pasienter (35,2 % av befolkningen), mens Oshikuku og Outapi med sine 27 fasiliteter, og en median kapasitet på 5600 pr fasilitet kan behandle 91,1 % av befolkningen. I figur 10 illustreres den geografiske fordelingen av helsetilbud. Ved å kombinere befolkning og kapasitet viser figuren de områdene med dårligst helsetilbud i Namibia.



Figur 10: Dekningsgrader pr helsedistrikt

Den gjennomsnittlige tiden det tar å nå en fasilitet innenfor et tilgjengelighetsområde ligger på 72 minutter, noe som tilsier at kapasiteten ved flere fasiliteter er fullt utnyttet før den maksimale reisetiden på 120 minutter inntreffer. Av 334 fasiliteter er det kun 91 fasiliteter som har ledig kapasitet etter den maksimale utstrekningen (som illustrert i figur 9). Det vil da si at de resterende 243 fasilitetene har like mange, eller flere, innbyggere enn det fasiliteten har kapasitet til å behandle. De 91 fasilitetene har til sammen en ledig kapasitet på 334.081 plasser, noe som tilsvarer 16,7 % av befolkningstallet benyttet i denne analysen. Som figur 11 illustrerer er det stor spredning mellom fasilitetene dette gjelder. De 334.081 ledige plassene kan likevel være en misvisende indikator. Etersom resultatene identifiserer den ledige kapasiteten innenfor en reisetid på to timer, vil trolig befolkningen reise lengre til disse fasilitetene, og kapasiteten kan dermed være utnyttet i større grad. Resultatet indikerer likevel at fordelingen av helsefasilitetene kan gjøres mer effektivt, slik at man på den måten får behandlet flest mulig innen en kortest mulig distanse.



Figur 11: Romlig fordeling av 91 fasiliteter med ubenyttet kapasitet

Denne teksten søker å identifisere dekningsgradene for henholdsvis 30, 60, 90 og 120 minutter, slik at dette kan sammenlignes med vektoranalysen. Ved å benytte ulike reisetider er håpet å fremheve områdene som skiller seg ut, både positivt og negativt, når det gjelder helsetilbudets tilstedeværelse. I tabell 8 presenteres distriktenes dekningsgrad, men denne gang uten å ta hensyn til fasilitetenes kapasitet. For å beregne disse gradene er det innebygde verktøyet *Zonal Statistics* i AccessMod benyttet. *Zonal Statistics* kombinerer rasteret fra tilgjengelighetsanalysen med den romlige fordelingen av befolkningen, og kalkulerer dekningsgradene innenfor hver sone/helsedistrikt. Dette verktøyet er ifølge Ray et al. (2017) spesielt interessant ettersom det tillater brukeren å interaktivt innhente informasjon for ulike reisetider. Ved å ekskludere fasilitetenes terskelverdier beregnes dekningsgradene på grunnlag av tilgjengelighet, og ikke tilbudet. Resultatene gjør det dermed mulig å sammenligne dekningsgradene med og uten fasilitetenes kapasitet, og bidrar med å tydeliggjøre hvilke fasiliteter det kan lønne seg å utvide.

Det endelige resultatet av dekningsanalysen kan vi se i tabell 8, rangert fra høyest til lavest dekningsgrad etter 120 minutter.



Tabell 8: Dekningsgrader uten hensyn til kapasitet

Helsedistrikt	30 min (%)	60 min (%)	90 min (%)	120 min (%)
Outapi	62,21	94,99	98,48	98,54
Oshikuku	53,77	86,39	96,15	98,37
Oshakati	73,09	92,39	96,53	98,21
Engela	60,33	89,89	96,61	97,71
Tsandi	54,51	89,43	95,00	96,94
Rehoboth	88,78	94,31	95,62	96,45
Windhoek	55,17	83,33	94,74	95,59
Swakopmund	82,73	94,61	95,53	95,53
Nyangana	81,90	87,99	92,13	95,08
Tsumeb	61,57	83,17	90,25	95,06
Okahao	41,77	75,31	89,07	94,80
Ojjiwarango	45,30	52,72	90,52	94,61
Katima	68,43	88,28	92,29	93,77
Andara	69,37	86,76	90,54	93,70
Okahandja	69,80	76,22	87,10	92,83
Grootfontein	53,70	77,36	86,60	92,66
Onandjokwe	36,48	69,34	86,47	91,82
Karasburg	73,56	84,93	88,67	91,09
Luderitz	45,99	49,06	67,80	90,18
Eenhana	47,77	72,78	83,83	89,30
Rundu	64,61	79,35	86,32	88,46
Keetmanshoop	74,29	78,61	84,45	88,31
Omaruru	67,18	79,10	85,52	87,82
Mariental	69,99	77,44	83,92	87,78
Okongo	7,43	52,87	76,83	86,97
Gobabis	59,16	70,57	78,52	86,69
Okakarara	29,78	48,56	81,46	86,01
Walvis Bay	80,19	84,07	85,47	85,57
Nankudu	50,10	66,42	77,47	85,28
Khorixas	52,61	67,84	78,78	83,89
Usakos	55,31	71,43	77,44	80,59
Outjo	48,73	59,79	72,14	80,04
Aranos	61,80	67,50	73,25	79,68
Opuwo	32,98	50,43	59,36	65,79

Som tabellen viser er det stor forskjell mellom det vi kan kalle potensiell og realisert tilgang på helsetilbud. Potensiell tilgang vil i så måte være dekningsgradene uten medregnet kapasitet, mens realisert tilgang da vil være medregnet kapasiteten som tilbys. I tabell 7 (der kapasitet var integrert) skåret Walvis Bay og Swakopmund desidert lavest. Medregnet kapasitetsgrense hadde disse helsedistriktene hele 65.018 udekkede individer. Likevel viser resultatene fra tabell 8 at kun 9 906 (9.55% av befolkningen) i disse helsedistriktene er bosatt utenfor en reisetid på to timer. I et slikt tilfelle ser vi at fasilitetenes beliggenhet er god, men at kapasiteten ikke er tilstrekkelig til å dekke behovet. Derimot viser deg seg at Opuwo-distriktet helt Nord-Vest i Namibia har lavest dekningsgrad dersom en ser bort fra fasilitetenes kapasitet. I det neste og siste steget integreres både kapasitet og tilgjengelighet da det foreslås en beliggenhet for et nytt sykehus.

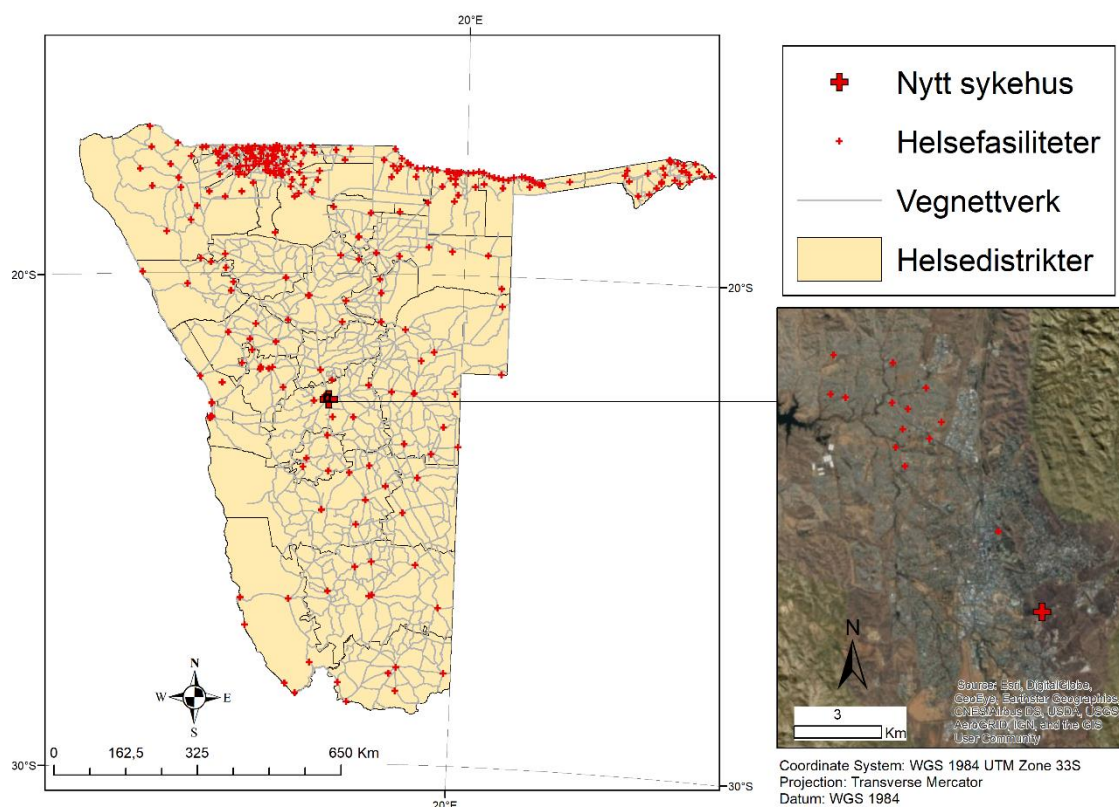
#### *Forslag til lokasjon av nytt sykehus*

Forslaget til plassering av et nytt sykehus er gjort på grunnlag av de tidligere stegene i analysen. Det nye sykehuset skal være til nytte for flest mulig av individene lokalisert utenfor dekningsområdene, samtidig som plasseringen må være i tilknytning til vegnettverket. Den endelige fasiliteten vil dermed være den cellen med størst befolkning innen en radius på 5km, i tillegg til at vegnettverket skal ligge i tilknytning til fasiliteten. I tillegg er det integrert en tabell bestående av kapasitetsgrenser. Hensikten med denne tabellen er å få informasjon om hva slags fasilitet som vil være mest effektivt ved den endelige lokasjonen. Dersom det foreslåtte sykehuset blir plassert i et ruralt område vil fasiliteten muligens ikke behøve maksimal kapasitet, mens et sentralsykehus trolig behøver stor kapasitet.

*Tabell 9: Alternative kapasitetsgrenser for et nytt sykehus.*

<b>Type fasilitet</b>	<b>Kapasitet</b>
Liten fasilitet	1.500
Mellomstor fasilitet	4.500
Stor fasilitet	7.500
Veldig stor fasilitet	11.500

Resultatet av dekningsanalysen viste at 82,6 % av Namibias befolkning var dekket av dagens helsetilbud, medregnet kapasitetsgrenser. Målet med det nye sykehuset var å øke denne andelen i størst mulig grad slik at flest mulig kan klassifiseres som dekket. Som vist i figur 12 vil et nytt stort sykehus i den Sør-Østlige delen av hovedstaden Windhoek utgjøre størst forskjell. Det nye sykehuset, som ble valgt ut på grunnlag av de definerte kriteriene, blir dermed tillagt koordinatene: -22.586428S og 17.102729Ø. Resultatet av analysen indikerte at det er behov for en «veldig stor fasilitet» som i denne analysen defineres til 11.500 plasser. Fra å ha 111.995 udekkede individer grunnet mangel på kapasitet vil det nye sykehuset medføre at 11.500 av disse dekkes.

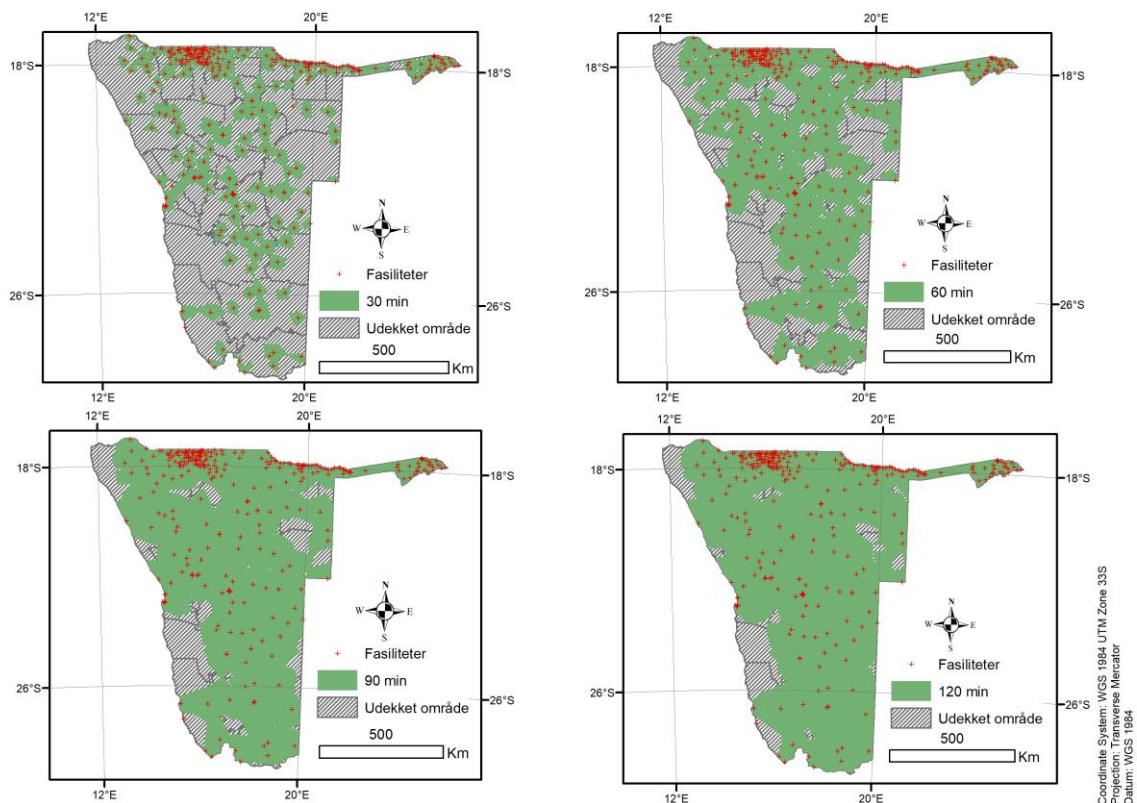


Figur 12: Forslag til lokasjon av nytt sykehus

## 4.2. Vektor

### Reisetid / Dekningsområder

Da det ikke tas hensyn til fasilitetenes respektive kapasitet blir dekningsområdene i vektoranalysen basert på serviceområder. Selv om det ikke er gitt at et individ vil benytte seg av den nærmeste fasiliteten beskriver Gutierrez & Garcia-Palomares (2008) at sannsynligheten øker betraktelig dersom individer bor, eller jobber, i nærheten av tilbyderen. Det vil dermed si at serviceområdene vil indikere hvilke fasiliteter som hører til hvilke områder, men at befolkningen ikke kan garanteres behandling ettersom kapasitetsgrenser ikke er medregnet. De resulterende reiseavstandene indikerer også hvilken betydning ulike vegsegmenter har, og videre; hvilken betydning form for transportmåte har på begrepet helsetilgang. Figur 13 illustrerer dekningsområdene for henholdsvis 30, 60, 90 og 120 minutters reiseavstand fra helsefasilitetene. Kartene indikerer at det først og fremst er områdene langs kysten, altså Namibørkenen, som har lengst reisevei til helsetilbud. Det vil likevel ikke si at nasjonale helseressurser bør plasseres her da det er en minimal andel av befolkningen som er bosatt i ørkenen. Forslaget vil derfor baseres på helsedistriktenes befolkningstall fra 2011.



Figur 13: Dekningsgrader for henholdsvis; 30, 60, 90 og 120 reiseminutter

## Dekningsgrad

Et lands dekningsgrad er en viktig indikator for hvordan en ligger an til å oppfylle FNs bærekraftsmål om allmenn helsedekning. I tillegg til å identifisere antall individer bosatt i sårbare områder, med dårlig tilgang til helsetilbud, kan den også indikere graden av ulikhet og forskjellsbehandling i et land. Zere et al. (2007) påpeker at Namibia er et av de landene i verden med størst forskjeller både når det gjelder inntekt og ressurser, noe som også gjelder tilgang på helsetilbud av god kvalitet. I 1998 ble det vedtatt å bekjempe disse forskjellene innen helsesektoren, noe kom frem i MoHSS helsepolitiske rammeverk:

«Alle Namibiere skal ha lik tilgang på grunnleggende helsetilbud og sosiale tjenester, lagt til rette av departementet. Det skal legges spesielt stor vekt på ressursfordelingsmønstrene i Namibia for å identifisere, og bekjempe, ulikhetene» (MoHSS, 1998).

I tabell 10 presenteres distriktenes respektive dekningsgrader, i dette tilfellet andelen av distriktet som er dekket av et serviceområde. Distriktene er rangert etter den totale dekningsgraden for de ulike reisetidene. Distriktene med høyest dekningsgrad totalt er plassert i toppen. Dekningsgraden er regnet ut fra følgende formel:

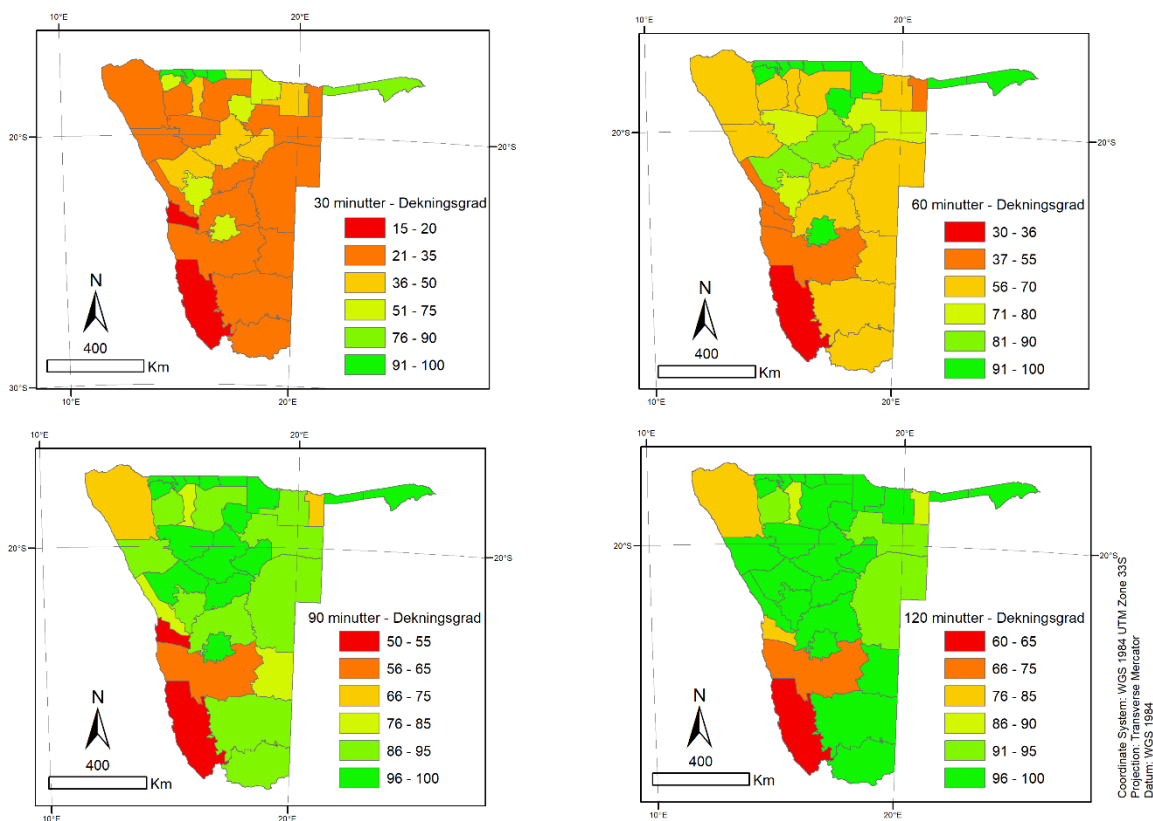
$$\text{Dekningsgrad} = \text{Serviceområdets areal} / \text{Distriktets areal}$$

Tabell 10: Prosentvis dekningsgrad pr distrikt

Distrikt	30 min	60 min	90 min	120 min
Engela	100%	100%	100%	100%
Oshikuku	100%	100%	100%	100%
Outapi	99.7%	100%	100%	100%
Eenhana	97.7%	100%	100%	100%
Katima	84.1%	98.4%	99.8%	99.9%
Andara	84.5%	96.9%	100%	100%
Okongo	69.1%	100%	100%	100%
Tsandi	63.7%	100%	100%	100%
Tsumeb	62.8%	98.1%	100%	100%
Rehoboth	60.3%	96.8%	100%	100%
Nankudu	55.1%	90.9%	100%	100%
Otjiwarango	42.5%	86.8%	99.9%	100%
Okakarara	45.8%	82.7%	96.9%	100%
Usakos	51.4%	78.1%	94.4%	99.3%

Omaruru	38.1%	86.2%	96.9%	99.4%
Outjo	28.2%	77.6%	99.2%	100%
Okahandja	25.7%	68.2%	99.4%	100%
Rundu	41.9%	63.1%	85.2%	99.2%
Karasburg	25.2%	68.1%	93.4%	99.4%
Grootfontein	32.6%	71.4%	86.1%	93.9%
Onandjokwe	34.8%	63.4%	86.2%	97.8%
Keetmanshoop	22.6%	67.9%	90.8%	98.8%
Okahao	32.8%	64.2%	88.9%	93.9%
Windhoek	24.9%	69.7%	88.6%	95.5%
Oshakati	39.2%	67.4%	82.2%	86.5%
Khorixas	23.2%	63.8%	89.6%	95.3%
Gobabis	28.5%	63.2%	86.6%	93.2%
Wakopmund	33.1%	51.1%	82.7%	95.8%
Aranos	21.6%	58.6%	84.8%	96.7%
Nyangana	31.4%	46.4%	74.7%	88.2%
Opuwo	23.4%	56.7%	73.7%	77.9%
Mariental	22.4%	50.7%	59.6%	68.9%
Walvis Bay	18.7%	36.7%	54.8%	79.8%
Luderitz	19.2%	35.4%	53.4%	61.1%

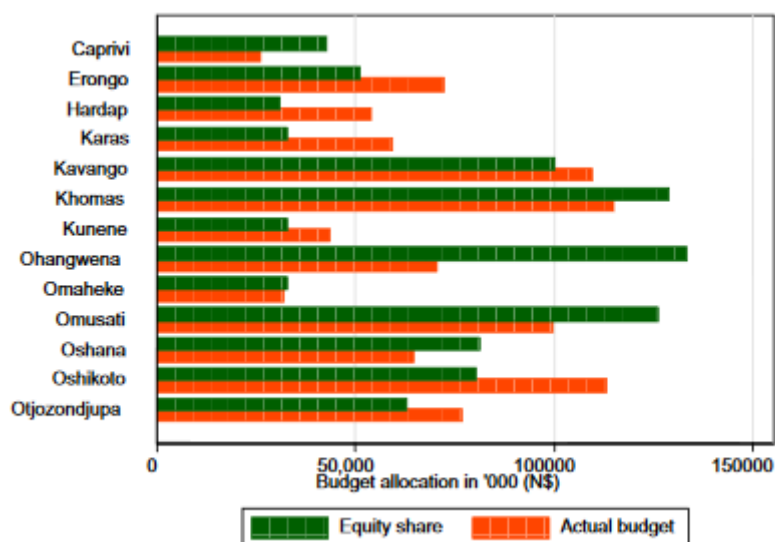
Som tabellen viser har de aller fleste distriktene god dekning innenfor en reisetid på 120 minutter med motorisert kjøretøy. Den gjennomsnittlige dekningsgraden ved bruk av denne reisetiden ligger på 94,72 %, noe som er godt innenfor Meara et al. (2015) sitt forslag på 80%. Ettersom den tradisjonelle formen for transport ifølge Huerta-Munoz og Källestål (2012) er å gå, spesielt i rurale områder, er også de kortere reisetidene interessante. Reisetiden på 90 minutter dekker 89,64 % av landarealet, 60 minutter dekker 75,25 %, mens en reisetid på 30 minutter kun dekker 46,59 % av landarealet. Fordelen ved å benytte disse nettverksbaserte dekningsgradene er at reisetidene kun beregnes langs vegnettverket, og at de kalkulerede avstandene derfor gir et godt bilde av distansene utrykningskjøretøyene kan nå innen de gitte tidene. I figur 14 vises således distriktenes respektive dekningsgrader basert på de ulike reisetidene. Kartet viser at enkelte distrikter generelt skårer lavere enn andre, noe som spesielt gjelder helsedistriktene langs kysten og i enkelte nordlige områder.



Figur 14: Romlig fordeling av dekningsgrader

### Forlag til lokasjon av nytt sykehus

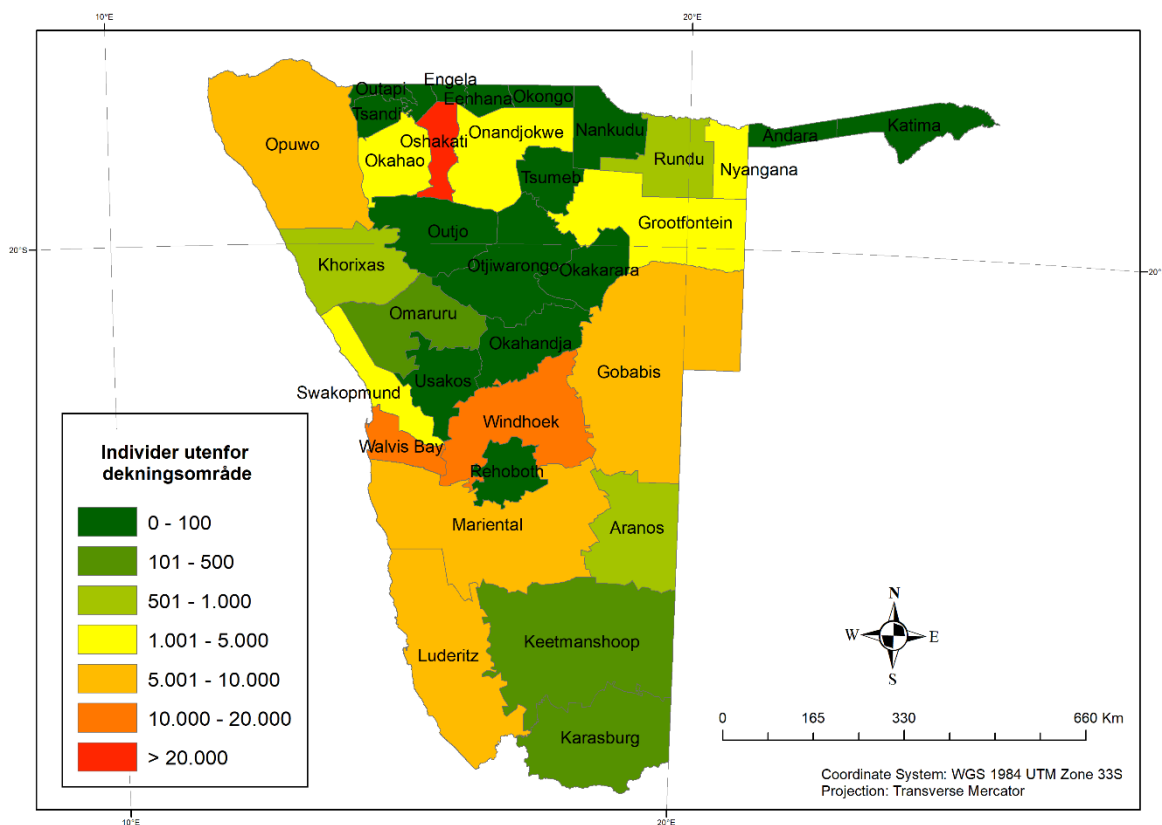
Zere et al. (2007) identifiserte at helseressursene i Namibia i stor grad blir fordelt til de distriktene med minst behov, og forklarer dette ut fra en historisk ubalanse der sentrale distrikter har blitt prioritert. Basert på dette utarbeidet de en befolkningsvektet modell for å identifisere den mest rettferdige fordelingen av ressursene. Ved å benytte datamateriale fra helseundersøkelsen i år 2000 utarbeidet de en indeks basert på husholdningers ressurser i de ulike husholdninger. Vektingen medførte at ressursfattige regioner ble tillagt en større befolkning, mens ressursrike regioner holdt seg mer stabile. Resultatet av undersøkelsen kan vi se i figur 15, der det kommer tydelig frem at fordelingen, basert på MoHHS' tall 2001, var skjevt fordelt i forhold til befolkningsstørrelse og ressurser. Spesielt gjaldt dette Ohangwena som mottok et budsjett som var 89 % lavere enn det den vektete befolkningsstørrelsen skulle tilsi. I den andre enden av skalaen kan man se at Hardap-regionen mottok omtrent 73 % mer enn hva en rettferdig fordeling skulle tilsi.



Figur 15: Mottatte helseressurser vises i oransje mens den rettferdige fordelingen vises i grønt. Figurkilde: Zere et al. (2007)

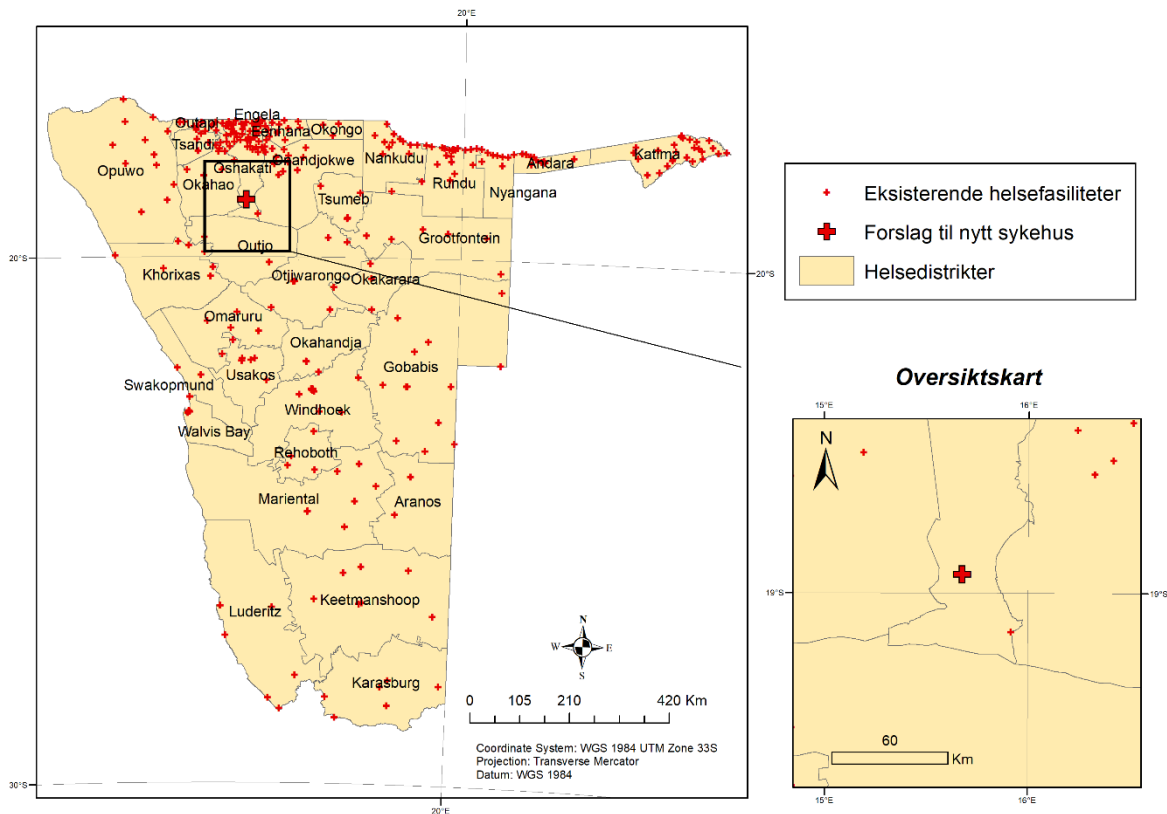
Da denne teksten ønsker å identifisere en ny lokasjon for et nytt sykehus er rettferdighetsprinsippet svært sentralt. Det nye sykehuset skal være plassert i et område utenfor de eksisterende serviceområdene, i tillegg til at beliggenheten skal gagne flest mulig innbyggere. Metoden som ble benyttet i denne analysen (som illustrert i figur 6) gikk ut på å bruke dekningsgradene for hvert helsedistrikt for å beregne antall individer innenfor et serviceområde. Videre ble dekningsgradene transformert til et tall mellom 0 og 1, og deretter ble befolkningstallet multiplisert med dette tallet. Ved å trekke antall individer *innenfor* serviceområdet fra distriktets totale befolkning får man antall individer som er klassifisert som udekkede. Der figur 14 viste prosentandelen av distriktet som ble dekket av et serviceområde vil vi i figur 16 se antall individer beliggende utenfor de resulterende dekningsområdene, som igjen er sentralt for beliggenheten til det nye sykehuset.





Figur 16: Antall individer utenfor serviceområde

Resultatet viser at Oshakati helsedistrikt har flest individer utenfor serviceområdene. Med en total befolkning på 152.355 og en dekningsgrad på 86.5% har distriktet hele 20.567 innbyggere beliggende utenfor dekningsområdene. Oshakati-distriktet ligger innenfor Oshana-regionen, som ifølge Zere et al. (2007) mottok en betydelig lavere andel av helseressursene enn hva de, med sin befolkning, ville mottatt med en rettferdig fordeling. Med en betydelig høyere dekningsgrad enn f.eks.; Luderitz og Mariental skårer Oshakati relativt høyt. Likevel fører mangel på transportnettverk mellom Oshakati og Outjo-distriktet til at individer bosatt her vil ha betydelig lengre reisetid til nærmeste helsefasilitet. Det endelige forslaget til et nytt sykehus, som illustrert i figur 17, har koordinatene 15.674664° Ø og - 18.913363° S.



Figur 17: Forslag til lokasjon av nytt sykehus basert på befolkningsvekting

## 5. Diskusjon

Helsetilbud er fordelt på et begrenset antall fastsatte steder. Likevel tjener de en befolkning i stadig utvikling, og som er ujevnt fordelt i regionene (Joseph & Phillips, 1984). Å tilby en hel befolkning et likeverdig helsetilbud er utfordrende, og veien mot dette krever grundige analyser og gjennomtenkte beslutninger. Dersom en skal nå FNs bærekraftsmål, der alle land skal kunne tilby allmenn helsedekning innen 2030, vil det være hensiktsmessig å iverksette tiltak som har en størst mulig positiv innvirkning for flest mulig individer. I denne teksten søker jeg å få svar på hvilke områder i Namibia som bør prioriteres i en eventuell oppskalering av helsetilbudet, samt hvilke metodiske fremgangsmåter som er best egnet for å identifisere disse områdene.

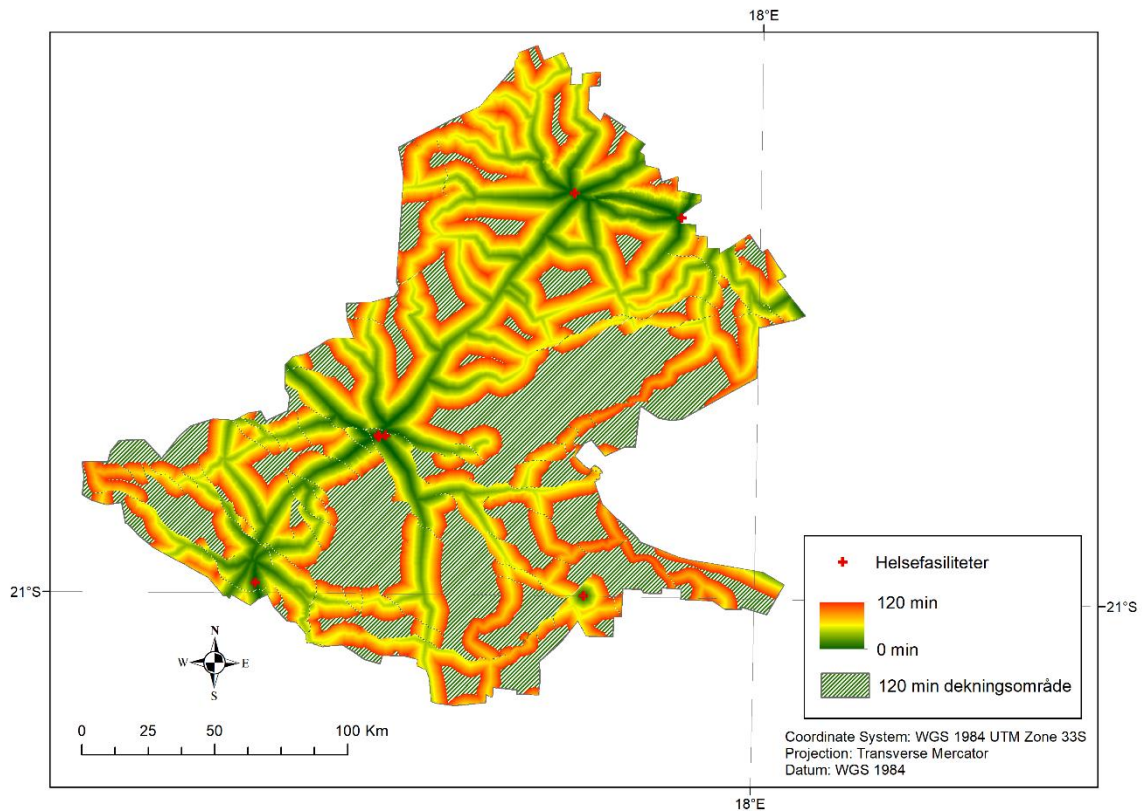
Ifølge Colston og Burgert (2014) finnes det lite tilgjengelig veiledning på hvordan en kan benytte geografiske analyser for å forvalte helseressurser på en måte som maksimerer innvirkningene, samt møter kravet fra en stadig økende befolkning. Ved å presentere metodene i detalj, samt begrunne valgene gjort underveis, håper jeg å kunne bidra innen dette feltet. I denne seksjonen vil resultatene fra henholdsvis raster- og vektoranalysen knyttes

sammen, og deretter diskuteres i lys av relevante studier. I tillegg vil tekstens pålitelighet underbygges ved å diskutere valgene gjort underveis. Avslutningsvis diskuteres mangler i prosjektet samt anbefalinger til videre forskning på temaet.

### *Raster vs. Vektor*

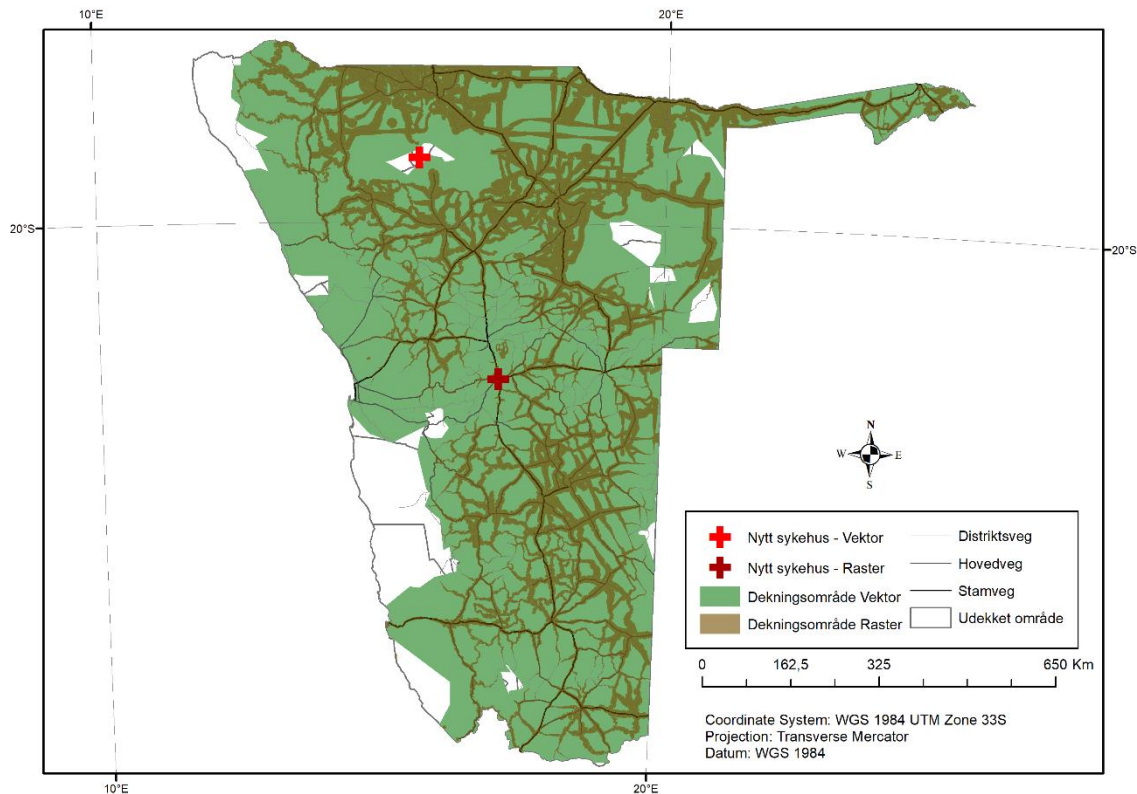
Fleksibiliteten som tilbys i et GIS muliggjør en rekke ulike representasjoner av det samme fenomenet. Kostnaden ved å reise kan enten representeres ved en feltbasert modell (raster) eller en objektsbasert modell (vektor) (Delamater et al., 2012). Som presentert i resultatdelen er det store forskjeller mellom de ulike modellene, og de områdene som fremstår som sårbare. Ved å benytte eksempler fra de ulike analysene skal vi nå se på styrkene og svakhetene ved modellene.

Det steget som skilte modellene i størst grad var tilgjengelighetsanalysen/serviceområdene. Her resulterte nettverksmodellen i en 90,78% dekning av landets totale areal etter 120 minutter, mens rastermodellen på sin side resulterte i 31,32% dekning. Årsaken til dette er at de resulterende polygonene fra nettverksanalysen er generaliserte, og at områder beliggende mellom to dekkede vegsegmenter også vil dekkes av polygonet, som illustrert i figur 18. I figuren kommer det tydelig frem at individene utenfor transportnettverkene blir inkludert i vektoranalysen mens de blir ekskludert i rasteranalysen. Kartet er klippet til Otjiwarango helsedistrikt, og har dermed overlappende dekningsområder fra nærliggende fasiliteter. Ved å benytte det hierarkiske vegsegmentet lar det seg nemlig ikke gjøre å generere detaljerte polygoner (Esri, 2017). Ettersom veghierarkiet gjør det mulig å beregne mer virkelighetsnære reiseavstander ble dette likevel foretrukket i analysen. Rasteranalysen på sin side beregner reiserutene langs celler, noe som gjør de resulterende dekningsområdene mer realistiske ettersom det må antas av flere individer går for å motta medisinsk hjelp. Denne analyseformen tar også stilling til landskapet man reiser i og arealdekket man forserer (Ray et al., 2017). Nettverksanalysen egner seg med andre ord svært godt til analyser av transport langs de benyttede vegsegmentene, men tar ikke hensyn til de utenforliggende områder der hastighetene er lavere.



Figur 18: Forskjell mellom generaliserte vektorområder (stripet grønt) og detaljerte rasterområder (rødt til grønt)

Som figur 19 viser identifiserte begge modellene Oshakati helsedistrikt som et sårbart område. Vektoranalysen konkluderte med at 13,5% av distriktet var udekket, noe som tilsvarte 20.567 individer utenfor dekningsområdet. Ifølge Martin (1989) vil slike målinger ofte være misledende ettersom det ofte kun er en liten del av befolkningen som er bosatt utenfor de sentrale boligområdene. Dette ble bekreftet av rasteranalysen som beregnet det kontinuerlige befolkningsrasteret ved hjelp av *Zonal Statistics*. Oshakati-distriktet hadde en dekningsgrad på 98.21% uten medregnet kapasitet og 96.35% dekning medregnet kapasitet, noe som kun identifiserte 5.246 individer uten dekning. En ren vektoranalyse har med andre ord ikke mulighet til å ta hensyn til befolkningens romlige fordeling, og vil dermed først og fremst indikere områder med geografisk utilgjengelighet til nærmeste helsefasilitet.



Figur 19: Sammenligning av raster og vektor

Delamater et al. (2012), som sammenlignet raster- og vektormodeller i en analyse av helsetilbudet i Michigan, konkluderte med at rastermodellen egnest seg best i analyser der en tok hensyn til ulike former for transport, mens vektormodellen var mer nøyaktig i beregningene langs transportnettverket. De hevdet rasterets romlige oppløsning kan medføre feil ettersom en celle potensielt kan bestå av ulike vegsegmenter med forskjellige hastighetsegenskaper. Ettersom det i dette prosjektet benyttes en 200 meters oppløsning på rastermodellen, og vegsegmentene er relativt spredt, vil trolig ikke resultatene påvirkes i stor grad av dette. Likevel vil beregningene gjort i en vektorbasert nettverksanalyse resultere i avstander som er upåvirket av oppløsning, og som dermed må anses som mer nøyaktige.

Å benytte begge strategiene gjør at man tydeligere kan skille mellom det vi her kaller potensiell og realisert tilgang til helsetilbud, der potensiell er de resulterende tilgjengelighetsområdene, mens realisert er dekningsområdene der fasilitetenes kapasitet er medregnet. Selv om strategiene konkluderte med ulike lokasjoner for et nytt sykehus kan vi konkludere med at begge egner seg til tilgjengelighetsstudier. Strategiene har det til felles at de begge fremhever Opuwo, Walvis Bay og Mariental blant de områdene med dårligst

dekning. Vektormodellen representerer i dette tilfelle potensialet som finnes. Ettersom dekningsområdene inkluderer de avsidesliggende områdene som omringes av dekkede vegsegmenter, som figur 18 illustrerer, fremheves potensialet som kan dekkes ved å bygge ut infrastrukturen. På den andre siden representerer rastermodellen den realiserte situasjonen der kapasitet og ulike former for transport tas i betraktning.

## **6. Konklusjon og forslag til videre forskning**

I Namibia bor ifølge Tansley et al. (2015) 2/3 av befolkningen i rurale områder, og landet har en befolkningstetthet på kun 2,7 individer pr km<sup>2</sup>. Dette medfører store utfordringer for helsesektoren som på best mulig måte skal dekke denne befolkningen. Resultatene av denne studien kan benyttes av namibiske myndigheter i arbeidet med å effektivisere helsetilbudet, samt opp mot en rettferdig fordeling av helseressursene.

Vektoranalysen bidro med å identifisere områdene helsesektoren kan nå ved en to timer utrykning langs vegnettverket fra hver helsefasilitet. Basert på dekningsområdene ble det identifisert en dekningsgrad på 94,72% i Namibia, noe som er godt over Meara et als. (2015) kritiske grense på 80%. De resulterende dekningsområdene kan likevel fremstå villedende ettersom områder beliggende langt unna nærmeste trafikkerte veg også dekkes som et resultat av at det er benyttet hierarkisk modellering. Den hierarkiske modelleringen gjorde det likevel mulig å modellere befolkningen langs et vegnettverk med ulike hastighetsverdier, noe som kan bidra til en mer virkelighetsnær reisevei. På bakgrunn av de områdene som forble udekket etter 120 reiseminutter fra helsefasilitetene, og ved å benytte en vektet befolkning, ble den sydlige delen av Oshakati-distriktet identifisert som det området med dårligst helsetilbud i landet, og som dermed blir foreslått som en ny lokasjon for et sykehus.

Rasteranalysen bidro på lik måte med å illustrere helsefasilitetenes utstrekning ved henholdsvis 30, 60, 90 og 120 minutter. I motsetning til vektoranalysen tok derimot denne strategien hensyn til fasilitetenes kapasitet, noe som utgjorde stor forskjell på dekningsgradene. Medregnet kapasitetsgrenser ble det i Namibia identifisert en dekningsgrad på 82,6%, mens dekningsgraden uten dette medregnet ble 90,16%. Ettersom kapasiteten kan antas å gi et mer reelt bilde av helsetilbudet, ble dette benyttet som grunnlag da det ble foreslått lokasjon for et nytt sykehus. Her ble det foreslått et stort sentralsykehus i den sør-østlige delen av hovedstaden Windhoek, der kapasiteten medfører at mange klassifiseres som udekket i dag.

### *6.1. Forslag til videre forskning*

Denne artikkelen har bidratt med ny informasjon om helsedekning i Namibia, og har identifisert områder med særlig behov for ytterligere helsetilbud. Vektordelen av analysen benytter likevel generaliserte dekningsområder, som kan medføre en høyere dekningsgrad enn hva som er tilfelle. Det oppfordres derfor at oppfølgende studier tar hensyn til dette, eksempelvis ved å ta i bruk detaljerte serviceområder.

I tillegg har dette prosjektet hatt som ønske å fremstille hovedstrategiene vektor- og raster mest mulig adskilt, noe som gjorde at vektoranalysen ikke tok hensyn til befolkningens romlige fordeling. Ved å benytte rasterdata om befolkning ville dette derimot latt seg gjøre. Det oppfordres derfor å ta i bruk et befolkningsraster dersom en ønsker å ta hensyn til befolkningstettheten innad i et distrikt, eller andre former for administrative grenser.

## 7. Referanseliste

- Africa Sun Car Hire. (2018). Travel tips for Namibia. Hentet fra [http://www.smiling-africansun.com/namibia\\_tips.htm](http://www.smiling-africansun.com/namibia_tips.htm)
- Alegana, V. A., Wright, J. A., Pentrina, U., Noor, A. M., Snow, R. W., & Atkinson, P. M. (2012). Spatial modelling of healthcare utilisation for treatment of fever in Namibia. *International Journal of Health Geographics*, 11(1), 6. doi:10.1186/1476-072x-11-6
- Aulagnier, M., Janssens, W., De Beer, I., Van Rooy, G., Gaeb, E., Hesp, C., de Wit, T. F. R. (2011). Incidence of HIV in Windhoek, Namibia: Demographic and socio-economic associations. *PloS one*, 6(10), e25860.
- Colston, J. M., & Burgert, C. R. (2014). Using geospatial analysis to inform decision making in targeting health facility-based programs: A guidance document. *Measure Evaluation*, MS-14-88.
- Delamater, P. L., Messina, J. P., Shortridge, A. M., & Grady, S. C. (2012). Measuring geographic access to health care: raster and network-based methods. *International Journal of Health Geographics*, 11(1), 15. doi:10.1186/1476-072x-11-15
- Dye, C., Reeder, J. C., & Terry, R. F. (2013). Research for Universal Health Coverage. *Science Translational Medicine*, 5(199), 199ed113-199ed113. doi:10.1126/scitranslmed.3006971
- Ebener, S., El Morjani, Z., Ray, N., & Black, M. (2005). Physical accessibility to health care: from isotropy to anisotropy. *GIS development*, 9(6).
- Ebener, S., Naphini, P., Fleming, P., Kafakalawa, W., Kondowe, O., Makwiza, I., Moyo, C. (2009). Analysing geographic coverage of ART clinics using GIS: example of collaboration between several institutions in Malawi. *GIS Development*, 13, 34-36.
- Esri. (2017). Service area analysis. Hentet fra <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/extensions/network-analyst/service-area.htm>
- FN-Sambandet. (2018). FNs bærekraftsmål. Hentet fra <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>
- Foody, G. M. (2006). GIS: health applications. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 30(5), 691-695. doi:10.1177/0309133306071152
- SINTEF. (2016). *The geography of vulnerability and health service in southern Africa*. Research Project. Hentet fra <https://www.sintef.no/en/projects/geohealthaccess-the-geography-of-vulnerability-and/>
- Gibson, J., Deng, X., Boe-Gibson, G., Rozelle, S., & Huang, J. (2011). Which households are most distant from health centers in rural China? Evidence from a GIS network analysis. *GeoJournal*, 76(3), 245-255. doi:10.1007/s10708-010-9337-y
- Gutiérrez, J., & García-Palomares, J. C. (2008). Distance-Measure Impacts on the Calculation of Transport Service Areas Using GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(3), 480-503. doi:10.1068/b33043
- Gwatkin, D. R., Bhuiya, A., & Victora, C. G. (2004). Making health systems more equitable. *The Lancet*, 364(9441), 1273-1280.
- Huerta Munoz, U., & Källestål, C. (2012). Geographical accessibility and spatial coverage modeling of the primary health care network in the Western Province of Rwanda. *International Journal of Health Geographics*, 11(1), 40. doi:10.1186/1476-072x-11-40
- Joseph, A. E., & Phillips, D. R. (1984). *Accessibility and utilization: geographical perspectives on health care delivery*: Sage.
- Kwan, M.-P., & Hong, X.-D. (1998). Network-based constraints-oriented choice set formation using GIS. *Geographical Systems*, 5, 139-162.



- Martin, D. (1989). Mapping population data from zone centroid locations. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 14(1), 90-97.
- Meara, J. G., Leather, A. J., Hagander, L., Alkire, B. C., Alonso, N., Ameh, E. A., Davies, J. (2015). Global Surgery 2030: evidence and solutions for achieving health, welfare, and economic development. *The Lancet*, 386(9993), 569-624.
- MoHSS. (1998). *Towards achieving health and social well being for all Namibians: A policy framework*; Windhoek.
- MoHSS, & ICF-International. (2014). Namibia Demographic and Health Survey. Hentet fra <https://dhsprogram.com/pubs/pdf/fr298/fr298.pdf>
- NSA. (2010). NSDI Metadata Browser. Hentet fra <http://geofind.nsa.org.na/>
- Ray, N., Ebener, S., & Moser, F. (2017). *Supporting Universal Health Coverage by Modelling Physical Accessibility to Health Care - User guide & Tutorial*. Geneva, Switzerland: WHO.
- RCMRD. (2010). Namibia Land Cover 2010 Scheme. Hentet fra <http://opendata.rcmrd.org/datasets/namibia-land-cover-2010-scheme-i>
- Rosero-Bixby, L. (2004). Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: a GIS-based study. *Social Science & Medicine*, 58(7), 1271-1284. doi:[https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(03\)00322-8](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(03)00322-8)
- Rød, J. K. (2015). *GIS. Verktøy for å forstå verden*. Trondheim: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Tansley, G., Schuurman, N., Amram, O., & Yanchar, N. (2015). Spatial Access to Emergency Services in Low- and Middle-Income Countries: A GIS-Based Analysis. *PloS one*, 10(11), e0141113. doi:10.1371/journal.pone.0141113
- UNDP. (2016). About Namibia. Hentet fra <http://www.na.undp.org/content/namibia/en/home/countryinfo.html>
- USGS. (2016). EarthExplorer. Hentet fra <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Van Leusen, M. (1999). Viewshed and cost surface analysis using GIS (cartographic modelling in a cell-based GIS II). *BAR International Series*, 757, 215-224.
- Worldmap. (2010). AfriPop (Afripop.org) 1km 2010 Africa population distribution. Hentet fra [https://worldmap.harvard.edu/data/geonode:AfriPop1km\\_QCe](https://worldmap.harvard.edu/data/geonode:AfriPop1km_QCe)
- WWF. (2018). Namibia. Hentet fra <https://www.worldwildlife.org/places/namibia>
- Zere, E., Mandlhate, C., Mbeeli, T., Shangula, K., Mutirua, K., & Kapenambili, W. (2007). Equity in health care in Namibia: developing a needs-based resource allocation formula using principal components analysis. *International Journal for Equity in Health*, 6(1), 3. doi:10.1186/1475-9276-6-3