



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi
Ivar Maalen-Johansen

Estimering av blågrønn faktor i eksisterende bymiljø ved bruk av hyperspektrale data og laserdata

Estimation of blue-green factor in existing urban environment using hyperspectral data and laser data

Jenipa Kailainathan

Geomatikk

Sammendrag

Nedbørmengden i Norge har økt med omtrent 20 prosent siden 1900-tallet (Meteorologisk-institutt, 2017). Det er mye nedbør på kort tid som skaper noen av de største problemene som overvann og oversvømmelse i byer (Meteorologisk-institutt, 2017). Økt urbanisering fører til økt behov for å bygge tettere i urbane områder. Tettbebyggelse i urbane områder fører til mer overvann, tap av vegetasjon og biodiversitet. Som et tiltak for den økende nedbørmengden og tettbebyggelsen ble «Norm for blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo» (BGF-Oslo) laget av plan og bygningsetaten (PlanogBygningsetaten, 2018).

BGF-veilederen er ment for planleggingsfasen i byggesaker. Veilederen går ut på å beregne ulike BGF-verdier for ulike typer planlagte blå og grønne tiltak. Verdi for de ulike blå og grønne tiltakene vektlegges basert på hvilke tiltak som gir bedre håndtering av overvann, naturmangfold og godt byliv. Selv om BGF-veilederen er ment som en veiledning i byggesaker, er det også behov for å se på BGF i sammenheng med eksisterende bymiljø. I denne oppgaven vil man se på mulighetene for å estimere BGF i eksisterende bymiljø på en halv-automatisk metode, med BGF-Oslo. Prosjektområdet som ble valgt var Fredrikstad, Cicignon.

For å bestemme de forskjellige delfaktorene ble det brukt både hyperspektrale data og laserdatasett. De hyperspektrale datasettene består av radiansverdier. Datasettene ble benyttet til å skille ulike materialer, i denne oppgaven gjaldt det: grus, asfalt, vannspeil og vegetasjon. Laserdataene ble benyttet til å se på romlige variasjoner i terrenget. Laserdataene brukes i denne oppgaven til å finne: terrengforsenkninger og avrenning fra tette flater. Hyperspektrale data og laserdata brukes også i kombinasjon for å finne busker og grønt terreng.

Fordi det benyttes radians datasett i oppgaven uten skyggekorreksjon fører dette til utfordringer i klassifiseringen av; grus, asfalt og vegetasjon. For å automatisere metoden er det viktig å se på algoritmer for skyggekorreksjon. Standardavviket til tomtene og delfaktorene er lavt, resultatene i denne oppgaven stort potensiale for å kunne automatisere metoden for å bestemme BGF i eksisterende bymiljø.

I oppgaven benyttes BGF-Oslo for å beregne BGF-verdi i Fredrikstad. Dette viste seg å ikke være en utfordring da både Fredrikstad og Oslo bærer preg av typiske bymiljø. Selv om BGF-Oslo tar utgangspunkt i på planleggingssaker på byggesaker, viste det seg at med små modifikasjoner kan veilederen benyttes til fjernmåling.

Abstract

The amount of precipitation in Norway has increased by about 20 percent since the 1900s (Meteorologisk-institutt, 2017). Large amounts of precipitation in a short period of time creates some of the biggest problems like stormwater and urban flooding. Increased urbanization leads to an increased need to build denser in urban areas. Densification in urban areas lead to more stormwater, loss of vegetation and biodiversity. As a measure for the increasing amount of precipitation and the densely populated area, « Norm for blue-green factor in housing projects in Oslo» (BGF-Oslo) was made by plan and the building agency.

The BGF guide is intended for the planning phase of before the building phase. The guide is used to calculate different BGF-value for different types of planned blue and green measures. Value for the various blue and green measures is emphasized based on which measures provide better handling of stormwater, biodiversity and good urban life. Although the BGF guide is intended as a guide in the planning phase, there is also a need to look at BGF in connection with the existing urban environment. This thesis will look at the possibilities of estimating BGF in the existing urban environment in a semi-automatic method, with BGF-Oslo. The project area chosen was Fredrikstad, Cicignon.

To determine the various BGF subfactors, both hyperspectral data and laser data sets are used. The hyperspectral data sets consist of radians values. The datasets were used to distinguish different materials, in this thesis was; gravel, asphalt and vegetation. The laser data was used to look at spatial variations in the terrain. The laser data is used in this thesis to find; terrain depressions and watersheds from dense surfaces. Hyperspectral data and laser data are also used in combination to find bushes and grass.

Because radians data sets are used in the thesis without shadow correction leads to challenges in the classification of; gravel, asphalt and vegetation. To automate the method, it is important to look at algorithms for shadow correction. Although shadows turned out to be a challenge, the results of this thesis show great potential for automating the method of determining BGF in existing urban environments.

In the thesis BGF-Oslo is used which is intended to calculate BGF-values. This turned out not to be a challenge as both Fredrikstad and Oslo carry the typical urban environments. Although the thesis is based on BGF-Oslo which is used in the planning phase of building, it turned out that with small modifications, the guide can be used for remote sensing in existing environments.

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på min studietid ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Først vil jeg takke Terratec AS for muligheten til å jobbe med hyperspektrale data og laserdata. Vil også takke Terratec AS for kontorplass og god lunsj. Deretter vil jeg rette en stor takk til biveilederen min Vetle Odin Jonassen for god veiledning, kontinuerlig oppfølging gjennom hele oppgaven og for at døren din alltid har stått åpen for spørsmål. Vil og takke Dagrun Aarsten som alltid har vært tilgjengelig for veiledning og råd.

Takk til hovedveileder Ivaar maalen-Johansen for gode råd gjennom skriveprosessen. Videre takk til Floriz Jan Groesz for hjelp med laserdataene.

Ønsker også å rette en stor takk til Cathy Nguyen for mange timer med korrekturlesning. Tilslutt vil jeg takke venner og familie for å ha støttet meg og hjulpet med å holde motet oppe.

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	ii
Forord	iii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	2
2 Teori	4
2.1 Blågrønn faktor	4
2.1.1 Hvordan bruke blågrønn faktor?	5
2.2 Teori om lys	7
2.2.1 Elektromagnetisk stråling	7
2.3 Fjernmåling	8
2.4 Teori om hyperspektrale data	9
2.4.1 Hyperspektrale sensorer	9
2.4.2 Radians og reflektans	10
2.4.3 Spektralsignatur	11
2.4.3.1 Spektralsignatur til vegetasjon	11
2.4.3.2 Spektralsignaturen til vann	12
2.4.4 Hyperkube	13
2.4.5 Pushbroom-skanner	13
2.4.6 NDVI	14
2.4.7 NDRE	14
2.4.8 NDWI	15
2.4.9 Klassifisering	15
2.4.9.1 SVM	16
2.4.9.2 Forvirringsmatrise	17
2.4.9.3 Nøyaktighet	17
2.5 Teori om laser data	18
2.5.1 Laser	18
2.5.2 Skannemønster	19
2.5.3 Laserskannerens egenskaper	19
2.5.4 Multiple retur	20
2.5.5 Punktsky	20
2.5.6 DSM/DTM	21
2.5.6.1 Nearest neighbour interpolasjon	21
2.5.7 Lineær regresjon	22
2.5.7.1 Minstekvadratets metode	23

3	Materialer og metode	25
3.1	Materialer	25
3.1.1	Datainnsamling fra Terratec AS	25
3.1.2	Spesifikasjoner HyperSpex og Laser	26
3.1.3	Ortorektifisering av hyperspektrale data	26
3.1.4	Prosjektets avgrensninger og prosjektområdet	27
3.1.4.1	Utleverte datasett - Laser	27
3.1.4.2	Utleverte datasett - Hyperspektrale	28
3.1.5	Programvarer og filformater	29
3.1.5.1	Programvare	29
3.1.5.2	Filformater	29
3.2	Metode	30
3.2.1	«Delfaktor: Eksisterende trær»	33
3.2.1.1	Avgrensninger: «Eksisterende trær»	33
3.2.1.2	Datasett: «Eksisterende trær»	33
3.2.1.3	Plot av treningsdataene	36
3.2.1.4	Fremgangsmåte: «Eksisterende trær»	37
3.2.2	«Delfaktor: Delvis åpne flater»	38
3.2.2.1	Avgrensninger : «Delvis åpne flater»	38
3.2.2.2	Datasett : «Delvis åpne flater»	38
3.2.2.3	Valg tatt før klassifiseringen av delfaktoren «Delvis åpne flater»	42
3.2.2.4	Klassifisering	43
3.2.2.5	Etter klassifisering	43
3.2.3	Delfaktor: «Busker» og «Grønt terreng»	44
3.2.3.1	Avgrensninger: «Busker» og «Grønt terreng»	44
3.2.3.2	Datasett: «Busker» og «Grønt terreng»	44
3.2.3.3	Fremgangsmåte : «Busker» og «Grønt terreng»	47
3.2.3.4	Knytte BGF til enkelt tomter	47
3.2.4	Delfaktor: «Grønne Tak»	48
3.2.4.1	Avgrensninger: «Grønne tak»	48
3.2.4.2	Datasett: «Grønne tak»	48
3.2.4.3	Fremgangsmåte: «Grønne tak»	49
3.2.5	Delfaktor: «Terrengforsenkning»	51
3.2.5.1	Avgrensninger: «Terrengforsenkninger»	51
3.2.5.2	Datasett for «Terrengforsenkning»	51
3.2.5.3	Fremgangsmåte: «Terrengforsenkning»	52
3.2.6	Delfaktor: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»	53
3.2.6.1	Avgrensninger: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»	53
3.2.6.2	Datasett: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»	53
3.2.6.3	Fremgangsmåte: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»	54

3.2.7	Delfaktor: «Dam med permanent vannspeil»	57
3.2.7.1	Avgrensninger: «Dam med permanent vannspeil»	57
3.2.7.2	Datasettet for «Dam med permanent vannspeil»	57
3.2.7.3	Metode: «Dam med permanent vannspeil»	58
4	Resultater	62
4.1	Delfaktor: «Eksisterende trær»	62
4.2	Delfaktor: «Delvis åpne flater»	63
4.3	Delfaktor: «Busker» og «Grønt terreng»	64
4.4	«Grønne tak»	66
4.5	«Terrengforsenkning»	67
4.6	«Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»	68
4.7	«Vannspeil»	69
4.8	BGF fjermålingsresultat	70
4.9	Validering	71
4.9.1	Tomt 61	71
4.9.1.1	Tomt 61 resultat: Fjernmåling	71
4.9.1.2	Tomt 61 resultat: BGF- Manuell måling	72
4.9.2	Tomt 63	73
4.9.2.1	Tomt 63 resultat: Fjernmåling	73
4.9.2.2	Tomt 63 resultat: BGF- Manuell måling	74
4.9.3	Tomt 66	75
4.9.3.1	Tomt 66 resultat: Fjernmåling	75
4.9.3.2	Tomt 66 resultat: Manuell måling	76
4.9.4	Tomt 106	77
4.9.4.1	Tomt 106 resultat: Fjernmåling	77
4.9.4.2	Tomt 106 resultat: Manuell måling	78
4.9.5	Tomt 138	79
4.9.5.1	Tomt 138 resultat: Fjernmåling	79
4.9.5.2	Tomt 138 resultat: Manuell måling	80
4.9.5.3	Evaluering av resultat	81
5	Diskusjon	84
5.1	«Eksisterende trær»	84
5.2	«Delvis åpne flater»	86
5.3	«Busker» og «Grønt terreng»	88
5.4	«Grønne tak»	91
5.5	«Terrengforsenkning»	92
5.6	«Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»	93
5.7	«Dam med permanent vannspeil»	94
5.8	Validering	95
6	Konklusjon	98

Figurer

2.1	Viser hvordan blågrønn faktor for en tomt beregnes.	5
2.2	Elektromagnetisk spekteret. Figur ble hentet fra (Knutsen, 2017)	7
2.3	Forskjellen på aktiv og passiv sensor(Wim H bakker, 2009c)	8
2.4	Spektralprofil for et multispektralt- og hyperspektralt bildet.	9
2.5	Illustrerer hyperspektrale bånd. Figuren er hentet fra Terratec AS sin powerpoint om hyperspektrale data.	10
2.6	Illustrerer multispektrale bånd (Marcus Borengasser, 2008b).	10
2.7	iIllustrerer transmisjon(Bakker, 2005).	10
2.8	Spektralsignatur til vegetasjon (Humboldt, 2018)	11
2.9	Spektralsignatur til ulike typer vegetasjon (Govender, 2007)	12
2.10	Spektralsignatur for vegetasjon og vann(Parece, 2015)	12
2.11	Hypercube (og Stephan J.Symons, 2008).	13
2.12	Pushbroom-skanner (Richards, 2005).	13
2.13	Formel for NDVI (drones, 2017).	14
2.14	Formel for NDRE. (Thompson, 2017)	14
2.15	Formel for NDWI (Earth, 2019)	15
2.16	Hyperplan i 2D og 3D rom (Gandhi, 2018).	16
2.17	Lav C-verdi til venstre og høy C-verdi høyre(Gandhi, 2018).	17
2.18	Eksempel på forvirringsmatrise. Verdiene i fetskrift markerer korrekt klassifiserte elementer.	17
2.19	Formel for avstandsmåling med laser, hentet fra Terratec AS sin powerpoint om laserskanning.	18
2.20	Illustrerer måleprinsippet for laserskanning. Hentet fra Terratec As sin powerpoint om laserskanning.	18
2.21	Oscillerende speil hentet fra Terratec AS sin powerpoint om laserskanning.	19
2.22	Oscillerende speil hentet fra Terratec AS sin powerpoint on laserskanning (Vosselman, 2010, s. 3)	19
2.23	Illustrer prinsippet av multiple returner (GIS, 2018).	20
2.24	NDSM modell, hentet fra (BerlinSenate, 2014).	22
3.1	Oversikt over datainnsamlingsområdet.	25
3.2	Spesifikasjoner for HySpex og laser.	26
3.3	Ortofoto over prosjektområdet.	27
3.4	Illustrasjon av(a) LAZ datasett ogt (b) LAS datasett av prosjektområdet.	27
3.5	Forhåndsklassifiseringer for LAS-filen	28
3.6	VNIR bildekube med radians verdier.	28
3.7	SWIR bildekube med radians verdier.	28
3.8	Delfaktor: «Eksisterende trær»	33
3.9	Figuren viser en balkong feilklassifisert som et tre.	34

3.10	Figuren viser 4 balkonger feilklassifisert som trær.	34
3.11	Bakgruns kart over Ekebergsletta med segmenterte trekroner.	35
3.12	Målt stammediameter ved brysthøyde plottet mot prediktert stammediameter for 80 samples	36
3.13	Målt stammediameter ved brysthøyde plottet mot prediktert stammediameter for 24 samples	36
3.14	Regresjonsligning for estimering av diameter ved brysthøyde for trestamme. H er høyden på trærne og cw er kronediameter.	37
3.15	Delfaktor: «Delvis åpne flater»	38
3.16	Illustrasjon av (a) VNIR datasettet og (b)SWIR datasettet	38
3.17	Spektralsignatur av asfalt	39
3.18	Spektralsignatur av tak	39
3.19	Bildet hvor vegetasjon og bygninger er maskert	40
3.20	Trekrone som henger over asfalt	41
3.21	Bildet etter trekronen er fjernet	41
3.22	Spektralsignatur av grus i skyggen	42
3.23	Spektralsignatur av asfalt i skyggen	42
3.24	Delfaktor (a) Busker og (b) Grønt terreng	44
3.25	Figur (a) er VNIR datasettet og figur (b) er laserdata over prosjektområdet	45
3.26	Figur (a) NDVI bildet av VNIR datasettet (b) NDSM modell	46
3.27	Grønne Tak	48
3.28	VNIR datasett	48
3.29	Spektralsignatur av et svart tak	49
3.30	Spektralsignatur av et tak i skyggen	50
3.31	Delfaktor: «Terrengforsenkning»	51
3.32	DTM modell	51
3.33	Figur (a)viser noen bygninger og figur (b) viser terrengforsenkninger	52
3.34	Avrenning fra tette flater avgrensninger	53
3.35	Figur (a) viser en DSM modell og figur (b) viser terrengforsenkninger o prosjektområdet	53
3.36	Avrenningsfelt til terrengforsenkninger	55
3.37	Figur (a) viser et avrenningsfelt uten terrengforsenkning. Figur (b) viser et avrenningsfelt uten tilhørende terrengforsenkning.	56
3.38	Delfaktor: «Dam med permanent vannspeil»	57
3.39	VNIR datasett	57
3.40	Spektralsignatur for vannspeil	58
3.41	Spektralsignatur i et skyggeområdet.	59
3.42	Spektralsignatur i et skyggeområdet.	59
4.1	Resultat: «Eksisterende trær»	62
4.2	Forvirringsmatrise for grus og asfalt	63
4.3	Resultat: «Delvis åpne flater»	63
4.4	Resultatet: «Busker»	64
4.5	Resultat: «Grønt terreng»	65

4.6	Resultat:« Grønnetak»	66
4.7	Resultat: «Terrengforsenkning»	67
4.8	Resultat : «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»	68
4.9	Spektralsignatur i et skyggeområdet.	69
4.10	Oversikt av total BGF for hver tomt	70
4.11	Ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 61.	71
4.12	Delfaktorer bestemt ved bruk av fjernmåling for tomt 61.	71
4.13	Polygoner tegnet inn på tomt 61.	72
4.14	Verdier målt inn for forskjellige delfaktorene på tomt 61.	72
4.15	Ortofoto av tomt 63 med eiendomsgrenser.	73
4.16	Verdier for delfaktorer bestemt med fjernmåling for tomt 63.	73
4.17	Polygoner for delfaktorer på tomt 63.	74
4.18	Verdier for defalkatorer bestemt med manuell måling for tomt 63.	74
4.19	Ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 66.	75
4.20	Verdier for delfaktorer på tomt 66, bestemt med fjernmåling.	75
4.21	Polygoner for delfaktorer på tomt 66.	76
4.22	Verdier for delfaktorer ved manuell måling for tomt 66.	76
4.23	Ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 106.	77
4.24	Verdier for delfaktorer bestemt med fjernmåling for tomt 106.	77
4.25	Polygoner av delfaktorer på tomt 106.	78
4.26	Verdier for delfaktorer bestemt ved manuel måling for tomt 106.	78
4.27	Ortofoto av eiendomsgrenser for tomt 138.	79
4.28	Verdier for delfaktorer bestemt ved bruk av fjernmåling for tomt 138.	79
4.29	Polygoner på tomt 138.	80
4.30	Verdier av delfaktorer bestemt med manuell måling for tomt 138.	80
4.31	Standardavvik for tomtene i valideringen	81
4.32	Standardavvik beregnet for små og store trær	81
4.33	Standardavvik beregnet for grønt terreng	81
4.34	Standardavvik beregnet for delvis åpne flater	82
4.35	Standardavvik beregnet for Busker	82
4.36	Standardavvik beregnet for grønne tak	82
5.1	Eksempel på trekroner som henger over en tomt	85
5.2	Viser betong i prosjektområdet og spektralprofilen.	86
5.3	«Red edge» kant i skyggeområder, der det er grus.	88
5.4	(a) Valgt område med grønt terreng. (b) NDVI med terskelverdi 0,2. (c) NDVI med terskelverdi 0,55.	89
5.5	Eksempel av trekrone på et tak.	91
5.6	Avrenningsfelt og terrengforsenkninger i Fredrikstad.	93
5.7	Avrenningsfelt og terrengforsenkninger i Fredrikstad.	94

KAPITTEL 1

Innledning

1.1 Bakgrunn

Oppgaven kom til som et ønske fra Terratec AS om å undersøke mulighetene for å estimere blågrønn faktor med fjernmålt data i eksisterende bymiljø. I Norge og andre land foregår det mye urbanisering, dette fører til mange bygningsprosjekter. Tanken er at man vil bygge tettere og tettere slik at flere mennesker kan bo i urbane områder. Problemet med dette er at det går på bekostningen av de permeable overflatene. Med mindre permeable overflater, får man mer overvann som kan føre til oversvømmelser og fuktskader i boliger, mindre vegetasjon og dårligere lokalklima. Et av tiltakene som ble utviklet for å kunne bygge tettere, men bevare permeable overflater, er «Norm for blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo» (BGF- Oslo).

BGF-Oslo er ment til å brukes i planleggingsfasen i byggesaker. Ved å bruke BGF-Oslo veiledningen kan man få bedre overvannshåndtering, bevaring av vegetasjon og biodiversitet. For å kartlegge behovet av blågrønn faktor i eksisterende bymiljø ble det holdt møter med både Oslo og Bærum kommune. I møtene kom man fram til at BGF-Oslo kan bli et krav i fremtiden for eksisterende bymiljø. Et problem med å sette dette som et krav til kommuner, er at det ikke finnes en automatisert måte å beregne BGF på.

Tanken med oppgaven er å se hvor automatisert man kan bestemme BGF med hyperspektrale data og laserdata. Hyperspektrale data gir høy detaljgrad og rikelig med informasjon. At hyperspektrale data har flere hundre nærliggende bånd og høy spektraloppløsning gjør at man kan klassifisere ulike materialer i bildene. Vegetasjon er et materiale som lett kan skilles ut i hyperspektrale data. Laserdata gir x, y og z for hvert punkt på en overflate med høy nøyaktighet. Laserdata kan benyttes til å lage digitale terrengmodeller, digitale overflatemodeller og 3D modeller av overflater. Laserdataene kan brukes til å se på romlige variasjoner på overflater.

1.2 Problemstilling

BGF-Oslo er i dag brukt i byggesaksveiledning for overvannshåndtering, bevaring av vegetasjon og biodiversitet lokalt på enkelte tomter. Men dagens metode er ikke automatisert for å beregne BGF. Målet med oppgaven er derfor å se om hyperspektrale data og laserdata kan benyttes til å estimere blågrønn faktor(BGF) ved bruk av fjernmåling. Tanken er å gjøre dette på en automatisert metode og se hvilke begrensninger dette medfører. Dataene som er brukt i denne oppgaven er tatt med tre forskjellige sensorer. To HySpex-sensorer og en laserskanner. HySpex sensorene dekker hvert sitt spektrale område, VNIR og SWIR. VNIR spekteret går fra 400nm -1000nm og SWIR spekteret fra 1000nm -2000nm. Laserskanneren opererer i NIR spekteret på bølgelengden 1068nm. Tidligere er det ikke gjort studier på om hyperspektrale data og laserdata kan benyttes til å bestemme BGF på en automatisert måte.

På bakgrunn av dette blir det ønskelige å besvare følgende problemstillinger:

- Undersøke mulighetene til å estimere en blågrønn faktor i eksisterende bymiljø med hyperspektrale data og laserdata.
- Hvilke utfordringer og avgrensninger oppstår ved bruk av fjernmålingsdata på eksisterende tomter ved kartlegging av BGF?

I oppgaven benyttes det «Norm for blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo», selv om prosjektområdet er Fredrikstad. Dette er fordi både Fredrikstad og Oslo bærer preg av typiske bymiljø. I denne oppgaven blir det benyttet forskjellige typer fjernmålt data. Analysen vil inneholde radiometriske og romlig analyser. I noen tilfeller kombineres radiometriske og romlige analyser for å undersøke mulighetene for å estimere delfaktorer. I den radiometriske analysen vil det bli brukt hyperspektrale data og for den romlige delen brukes det laserdata. Først nevnte har tidligere blitt brukt mye for kartlegging av skog og jordbruk, sist nevnte er brukt til å modellere topologien av overflater. Med denne kombinasjonen håper man å kunne kartlegge bymiljøer da de er svært komplekse.

KAPITTEL 2

Teori

2.1 Blågrønn faktor

I 1980 ble Biotopflächenfaktor (BAF) utviklet også kjent som Biotope Area Factor på engelsk (Aleksandra Kazmierczak, 2010, p. 81). BAF ble utviklet for å håndtere overvann som følge av tettbebyggelse og høye temperaturer, i tillegg skulle vegetasjonen styrkes og bevares. Tanken var å kunne bygge tett, men fremdeles bevare den grønne infrastrukturen. Biotopflächenfaktor (BAF) angir arealer som har positiv effekt på økosystemet, mot tomtens hele areal (Landschaft Planen+Bauen, 1990).

I mange land ble Biotopflächenfaktor videreutviklet og tilpasset lokale forhold. I Sverige ble Grönytefaktor, basert på den tyske modellen tatt i bruk i 2001 i Malmö (Kerstin Torseke Hulthén, 2014, p. 3). Grönytefaktor ble videre utviklet i Stockholm i 2011 med tilleggsfaktorer for biologisk mangfold, sosiale/rekreasjonsverdier og klimatilpasninger: Green Area Factor (kunskapsbanken - en handbok om plan- og bygglagen, 2018).

Basert på Grönytefaktor i Malmø og Green Area Factor i Stockholm ble det i Norge utviklet Grønn arealfaktor (GAF). På forespørsel fra Miljødepartementet inngikk Oslo og Bærum kommune et samarbeid med; Dronninga landskap AS, COWI AS og CF Møller AS, for å utvikle en metode og et verktøy for beregning av GAF (Pedro Ardila, 2014). Metoden ble kalt for BGF.

Blågrønn faktor (BGF) er et kvantitativt planleggingsverktøy utarbeidet for å brukes i utbyggings- og endringsprosjekter. Formålet med BGF er å sette krav til overvannshåndtering, vegetasjon og biodiversitet. Verktøyet brukes til å måle de blågrønne delfaktorene på en tomt ved bruk av tall. Dette er for å kunne tallfeste delfaktorene slik at man kan sette et minimumskrav til utbygger.

I 2018 utviklet Oslo kommune «Norm for Blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo» (BGF-Oslo). BGF-Oslo er en modifisert utgave av BGF, men metodikken er forenklet. Siden oppgaven tar utgangspunkt i fjernmåling, hvor man ikke får det detaljnivået som BGF krever, velges det å legge til grunn BGF-Oslo (PlanogBygningsetaten, 2018).

2.1.1 Hvordan bruke blågrønn faktor?

I denne oppgaven ble de ulike tiltakene kalt for delfaktor. Blågrønn faktor baserer seg på poengsetting av de ulike blågrønne tiltakene.

Blågrønne tiltak i BGF-Oslo deles inn i 3 kategorier:

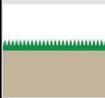
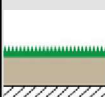
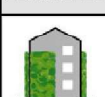
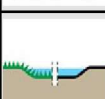
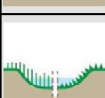
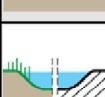
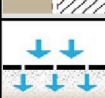



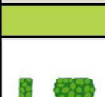

- Terreng og flater med blå og grønne kvaliteter.
- Trær og bukker, definert som tilleggskvaliteter.
- Styrking av eksisterende blågrønn struktur, definert som tilleggskvalitet.

Tiltakene i BGF-Oslo vil i denne oppgaven kalles for delfaktorer. Excel arket på neste side brukes til å beregne BGF og illustrerer hvordan de forskjellige delfaktorene i BGF-Oslo vektlegges. I Excel arket skal den hvite kolonnen fylles inn for areal (kvm) eller antall (stk) av tiltakene som er aktuelle for tomten. Tiltak som ikke er av nytteverdi for tomten gis poengverdi 0. Poengverdiene er satt ut fra nytteverdi, slik at delfaktorer som har høy nytteverdi vektlegges mer enn delfaktorer med lav nytteverdi. Figur 2.1 viser hvordan delsummene fra de tolv tiltakene i BGF-Oslo gir en total BGF-verdi for en tomt.

$$\text{Økologisk effektivitet} = \frac{\sum \text{Tiltakenes blågrønne kvaliteter}}{\text{Tomtestørrelse}}$$

Figur 2.1: Viser hvordan blågrønn faktor for en tomt beregnes.

Regneark for beregning av blågrønn faktor

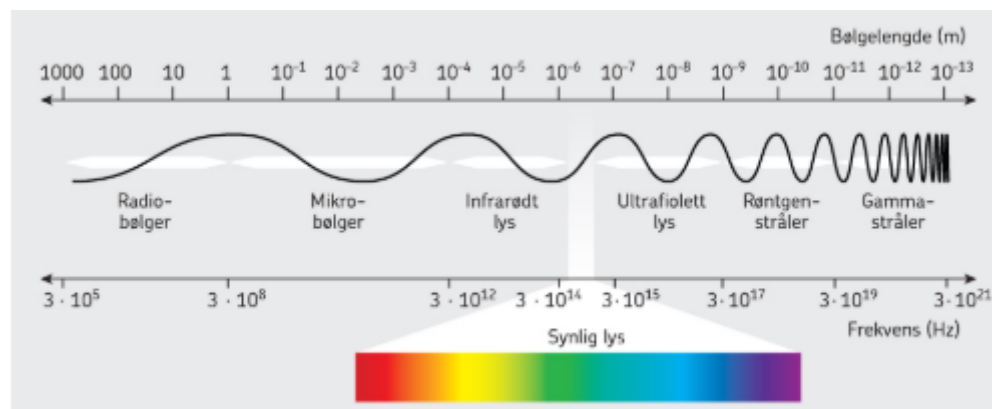
Oslo kommune Plan- og bygningsetaten		BLÅGRØNN FAKTOR OSLO (BGF-OSLO)			
Prosjekttittel	Adresse (vei-/gatenavn og -nummer)	Tomteareal m ²	Dag	Måned	År
Fyll inn	Fyll inn	0	Dag	Måned	År
Tiltak	Beskrivelse	Areal/stk	Verdi	BGF	
TERRENG OG FLATER		Areal m ²	Verdi pr m ²		
	GRØNT TERRENG Dette er nye og eksisterende begroddede flater som gressplen, hagemark og tilsvarende på naturlig eller naturlig grunn som ikke er underbygd. Naturlig fjell med oppsprukket overflate inngår. Overvann skal kunne trekke raskt ned i grunnen og ned til grunnvannet, og uteoppholdsarealer skal være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn.	0	1	0,00	
	GRØNNE TAK Grønne tak er vegetasjon som gress o.l. som vokser i jord på tak som takhage eller grøntanlegg på lokk i gårdsrom over garasjeanlegg og tilsvarende. Overvann skal kunne trekke raskt ned i jorden, og uteoppholdsarealer være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn. Jordlag med dybde over 80 cm har tiltaksverdi 0,9. Jordlag mellom 40 og 79 cm har tiltaksverdi 0,7. Jordlag mellom 2 og 39 cm har tiltaksverdi 0,4.	0	0,9	0,00	
		0	0,7	0,00	
		0	0,4	0,00	
	GRØNNE VEGGER For klatreplanter og andre grønne vegger regnes veggarealet som er tilrettelagt og forventes å være dekket i løpet av fem år. Det kan ikke regnes areal over den tilrettelagte høyden og bredden, og maksimalt inntil ti høydemeter for klatreplanter som er plantet i jord. Jorda skal ha god dybde og volum.	0	0,4	0,00	
	TERRENG-FORSENKNING Terrengeforsenkning er en fordypning i terreng eller flate, i form av lekeplass, torg o.l., som er opparbeidet for uteopphold, der overvann kan fordrøyes. Overvannet i forsenkningen tømmes primært ved infiltrasjon, sekundært gjennom strupet avløp til avløpsnett. Fordypningen skal være velegnet for uteopphold, lek og lignende innen ett døgn etter regn. Minstedybde er 20 cm.	0	1	0,00	
	REGNBED OG VADI Regnbed og vadier er blågrønne fordypninger for oppsamling og infiltrasjon av overvann. Regnbed skal være frodige og variert beplantet, og de er særlige egnede for infiltrasjon. Vadier er beplantet, og de er velegnet for oppsamling og avledning. Vann skal infiltreres innen tre timer i regnbed og infiltreres eller ledes vekk innen ett døgn i vadier. Verdien for regnbed er 4 og for vadier 1.	0	4	0,00	
		0	1	0,00	
	DAM MED PERMANENT VANNspeil Dette er dammer, med eller uten vegetasjon, der overvann fordrøyes. Permanent betyr at det skal være vannspeil mer enn halve året, og dette forutsetter at det etterfylles med magasinert overvann ved behov. Minstedybde er 20 cm.	0	2	0,00	
	DELVIS ÅPNE FLATER Delvis åpne overflater sørger for infiltrasjon til grunnen, for eksempel gjennom grus, singel eller betongstein for gressarmring. Infiltrasjonen forutsetter et underliggende settelag og jordvolum som lar vannet infiltrere og renne unna.	0	0,3	0,00	
	TETTE FLATER MED AVRENNING TIL REGNBED O.L. Dette inkluderer tette flater som betong, asfalt og takflater, her inngår f.eks. grønne lokk og -tak, der vannet ledes videre til infiltrasjons- og fordrøyningsflater på terreng, for eksempel til regnbed e.l. Det er en forutsetning at tiltaket som mottar vannet, har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet.	0	0,2	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
TRÆR OG BUSKER					
		Stykk	Verdi pr stk		
	EKSISTERENDE TRÆR Det skilles på store og små trær ut fra dagens omkrets på stammen målt én meter over terrenget. Hvis trærne har omkrets på mer enn 90 cm, får de en verdi på 25 per stk. Hvis trærne har omkrets under 90 cm, får de en verdi på 12,5 per stk.	0	25	0,00	
		0	12,5	0,00	
	NYE TRÆR Det skilles på store og små trær ut fra fremtidig høyde på trær. Trær som blir høyere enn ti meter, regnes med verdi på 10 per stk. Trær som blir lavere enn ti meter, regnes med verdi på 5 per stk.	0	10	0,00	
		0	5	0,00	
		Areal m ²	Verdi pr m ²		
	BUSKER Tiltaket omfatter felt med busker, hekker, stauder og bunndekkere. Arealet regnes i kvadrater: for utbredelse av kroner på busker og hekker, og for plantefelt med stauder og bunndekkere. Både eksisterende og nye planter og felt regnes med.	0	0,4	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
BLÅGRØNN STRUKTUR					
		Stykk	Verdi pr stk		
	STYRKE BLÅ-GRØNN STRUKTUR Tiltaket omfatter blå og grønne elementer på tomten som kobles til eksisterende blågrønn struktur utenfor tomten. Det oppnås 0,05 BGF pr. kobling, for inntil to sider av tomten.	0	0,05	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
TOTAL BLÅGRØNN FAKTOR (BGF) 0,00					
Utarbeidet av Plan- og bygningsetaten. Rev. 23.mai 2018					

2.2 Teori om lys

For å forstå fjernmåling er det viktig med litt generell teori om elektromagnetisk stråling. I denne delen kommer derfor en kort gjennomgang av bakgrunns teori for elektromagnetisk stråling.

2.2.1 Elektromagnetisk stråling

Elektromagnetisk stråling er en form for energi som forplantes som både elektriske og magnetiske bølger i form av fotoner. Fotoner er små energipakker som reiser med lysets hastighet. Det elektromagnetiske spekteret består av stråling i forskjellige bølglengder og frekvenser.



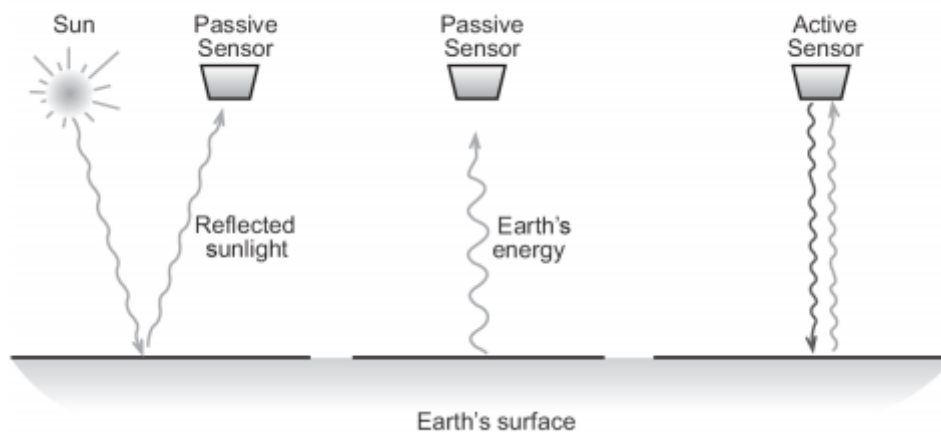
Figur 2.2: Elektromagnetisk spekteret. Figur ble hentet fra (Knutsen, 2017)

Mennesker kan se i det synlige spekteret av det elektromagnetiske spekteret. Det synlige spekteret inneholder bølglengder fra 400-700nm. Stråling over 700nm kalles nær-infrarødt. Forskjellige deler av det elektromagnetiske spekteret har forskjellige relevans for jordobservasjon i forhold til hvordan type informasjon og hvor mye informasjon man kan få.

2.3 Fjernmåling

Det finnes mange definisjoner for fjernmåling. En av definisjonen er; Fjernmåling kan defineres som innsamling av informasjon av et område ved hjelp av en sensor som ikke er i fysisk kontakt med området som skal observeres (Milesi, 2014). Sensorene er enten montert på en plattform på fly eller satellitter (Aggarwal, 2004a). I fjernmåling detekterer sensorene elektromagnetisk energi som reflekteres eller emitteres fra jordas overflate/objekter. For å detektere og skille mellom forskjellige objekter må det detekteres og gjøres opptak av reflektert eller emittert elektromagnetisk energi fra objektet. Strålingsenergien fra et objekt betegnes for radians. Radiansen fra forskjellige objekter vil variere med mengden energi som sensoren mottar i de forskjellige båndene av det elektromagnetiske spekteret (Aggarwal, 2004b). Fra fjernmåling får man som regel et bilde som representerer landskapet (CRISP, 2001).

Det finnes to typer fjernmålings sensorer: passiv og aktiv (observatory, 1999), se Figuren 2.3. Aktive sensorer emitterer elektromagnetisk energi og gjenkjenner energien som returnerer fra objekter eller overflaten man observerer (Wim H bakker, 2009a). Med aktive sensorer er man ikke avhengig av sollys og målinger kan derfor utføres når som helst på dagen. Passive sensorer måler reflektert sollys som emitteres fra sola. Ved bruk av passive sensorer er man avhengig av sollys og værforhold for å få gode målinger. I det optiske bildet kan radiansen som observeres inndeles i forskjellige spektrale bånd. Et spektralbånd er et intervall av det elektromagnetiske spekteret hvor gjennomsnitts radians er målt (Wim H bakker, 2009b).



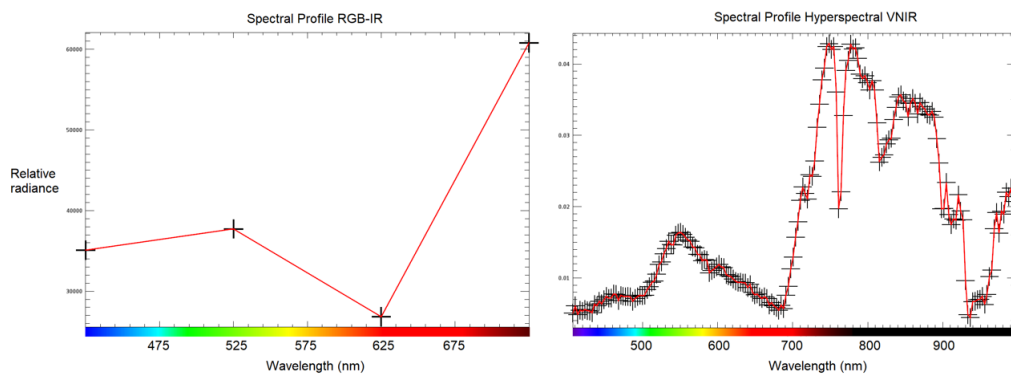
Figur 2.3: Forskjellen på aktiv og passiv sensor (Wim H bakker, 2009c)

2.4 Teori om hyperspektrale data

I denne delen presenteres grunnleggende teori om hyperspektrale data som behøves for å forstå den radiometriske delen av analysen.

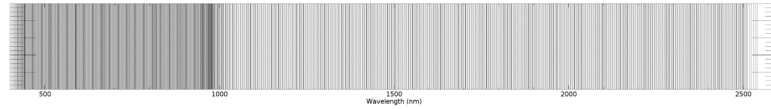
2.4.1 Hyperspektrale sensorer

Et spektralt bånd representerer en gruppe med bølgelengder. Et RGB- IR kamera er en multispektral sensor hvor man tar bildet i spektralbåndene: rødt, blått, grønt og nær-infrarødt. En hyperspektral sensor gjør opptak i flere spektrale bånd i det elektromagnetiske spekteret: et synlige området(400-700nm), nær-infrarødt (NIR, 700-1300nm), kortbølge nær-infrarødt (SWIR,1000-2500nm) (NASA, 2019). Analyse av et hyperspektralt bildet tillater klassifisering av materialer som ikke er synlig i bildet.

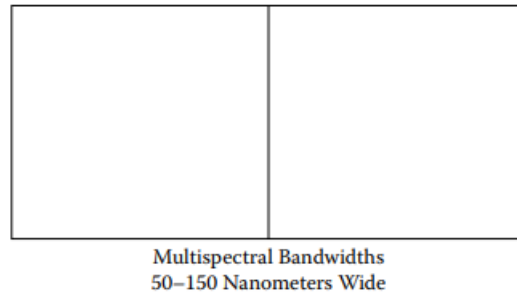


Figur 2.4: Spektralprofil for et multispektralt- og hyperspektralt bildet.

Forskjellen mellom multispektrale og hyperspektrale sensorer er hvordan sensorene tar opp elektromagnetisk energi. Hyperspektrale og multispektrale sensorer skiller seg med antall spektralbånd og spektral oppløsning. Spektral oppløsningen betegner bredden på hvert bånd i datasettet. Multispektrale data består av 5-10 spektrale bånd med spektral oppløsning på 50-120nm. Hyperspektrale data har over hundre bånd og høyere spektral oppløsning 1-15nm (Marcus Borengasser, 2008a). Figuren 2.4 illustrerer forskjellen mellom multispektralt- og hyperspektralt bildet. Siden det hyperspektrale bildet har hundrevis av nærliggende spektralbånd og høy spektral oppløsning, kan man få en mer presis spektralinformasjon som igjen gir bedre karakterisering og identifisering av objekter enn multispektrale spektrale bilder. Et eksempel er at hvis man ønsker finne materialer som vann og vegetasjon kan man bruke multispektral sensor med brede spektralbånd. For å skille på spesifikke materialer som treslag og steintyper, behøver man høy spektral oppløsning slik man får med en hyperspektral sensor. Figurene 2.5 og 2.6 illustrerer forskjellen mellom spektral oppløsning og spektralbånd for multispektrale- og hyperspektrale bilder.



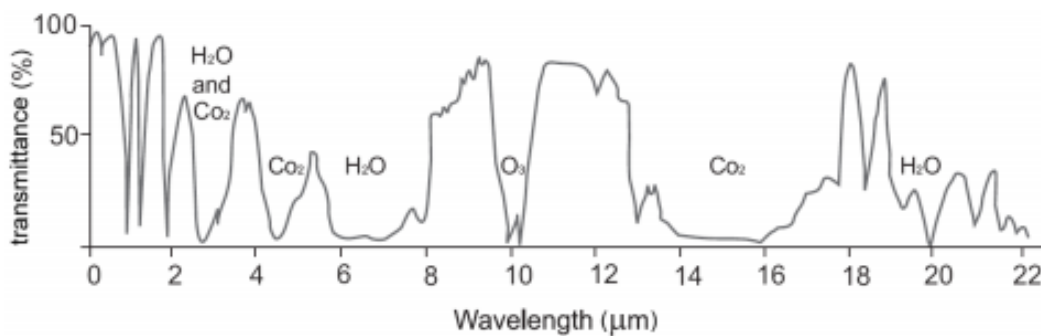
Figur 2.5: Illustrerer hyperspektrale bånd. Figuren er hentet fra Terratec AS sin powerpoint om hyperspektrale data.



Figur 2.6: Illustrerer multispektrale bånd (Marcus Borengasser, 2008b).

2.4.2 Radians og reflektans

I fjernmåling er spektralbåndene som regel valgt innenfor det som man kaller det «atmosfæriske vinduet» for å minimere atmosfæriske effekter. Gassene som atmosfæren består av absorberer stråling i visse bølgelengder, men får passere gjennom atmosfæren i andre bølgelengder. Figur 2.7 viser transmisjon (elektromagnetisk energi som kan reise gjennom atmosfæren og nå jordas overflate) som blir tatt opp i atmosfæren i de forskjellige bølgelengdene.



Figur 2.7: iillustrerer transmisjon(Bakker, 2005).

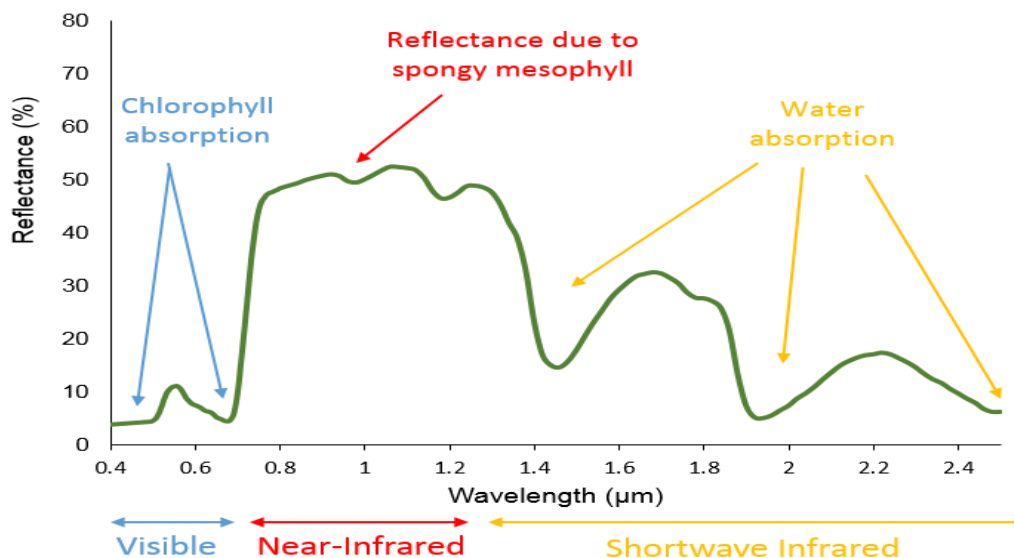
Radians er det som måles direkte fra fjernmålingssensorer. Radians kan tenkes som hvor mye lys instrumentet ser fra objektet det observerer (Harris, 2013). Fordi strålingen som når jordas overflate reiser gjennom atmosfæren, påvirker atmosfæren strålingen som når jordas overflate. I radiansverdier av bilde vil man få med atmosfæriske effekter. Reflektans er forholdet mellom hvor mye lys som forlater objektet og hvor mye lys som treffer objektet (Harris, 2013). Reflektans er atmosfærekorrigerede data.

2.4.3 Spektralsignatur

Spektralsignaturen er reflektert solenergi som funksjon av forskjellige bølgelengder (ESA, 2019). Når solenergi treffer en overflate, kan energien transmitteres, absorberes eller reflekteres. For forskjellige materialer vil det variere hvor mye solenergi som reflekteres, absorberes og transmitteres for forskjellige bølgelengder.

2.4.3.1 Spektralsignatur til vegetasjon

Figuren 2.8 viser spektralsignaturen for vegetasjon. Vegetasjon har unik spektralsignatur som skiller seg fra andre overflatetyper. Syk eller stresset vegetasjon kan identifiseres på bakgrunn av spektralsignaturen. Bladpigmentet, cellestruktur og vanninnhold påvirker reflektansen til vegetasjonen (Humboldt, 2018).



Figur 2.8: Spektralsignatur til vegetasjon (Humboldt, 2018)

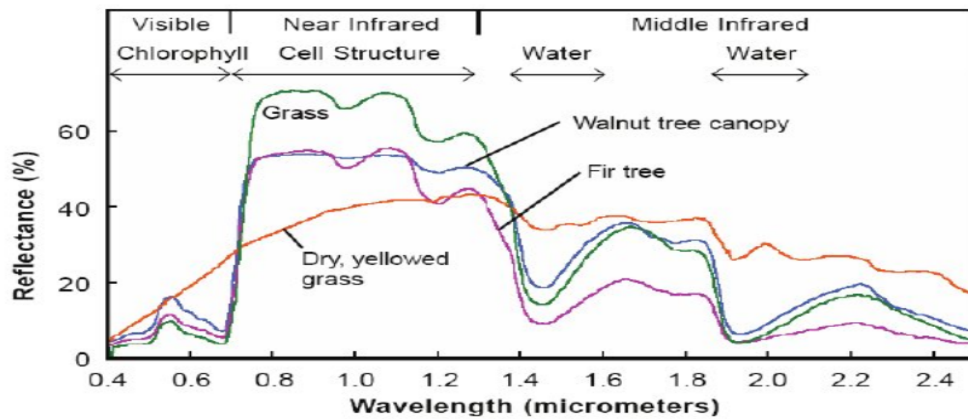
I den synlige delen av det elektromagnetiske spekteret, ca. 400- 700 nm er reflektansen til vegetasjon lav. Dette er fordi mye av det synlige spekteret absorberes av klorofyllet i vegetasjonen. Klorofyllet i bladene absorberer både i det blå og røde spekteret, men reflekteres mer i det grønne spekteret (Aarnes, 2019). Dette er grunnen til at sunn vegetasjon ser grønn ut (Canada, 2017a).

For sunn vegetasjon er refleksjonen høyere i det nærinfrarøde spekteret (NIR) ved ca. 700-1300nm. Dette kommer av cellestrukturen til bladene (Humboldt, 2018). I området 680-760 nm som er en del av det synlige og nærinfrarøde spekteret er det en markant økning i refleksjon som kalles «red edge» (Evolution, 2018). Ved å se på «red edge» delen av spekteret kan man si noe om hvor sunn vegetasjonen er.

I friske planter er det mye klorofyll og dette fører til mer absorpsjon i det røde og blå spekteret, samt mer refleksjon i nær-infrarødet delen. I friske planter forskyves «red edge»

mot lengre bølgelengder, altså til høyre i spekteret (Evolution, 2018). Når et blad visner blir mindre klorofyll tatt opp i fotosyntesen. Refleksjon minker i NIR delen av spekteret, men øker i den røde delen av spekteret, dette gjør at bladene ser røde eller gule ut (Canada, 2017a). Ved mindre klorofyll i vegetasjonen flyttes «red edge» mot venstre, og mot kortere bølgelengder (Evolution, 2018).

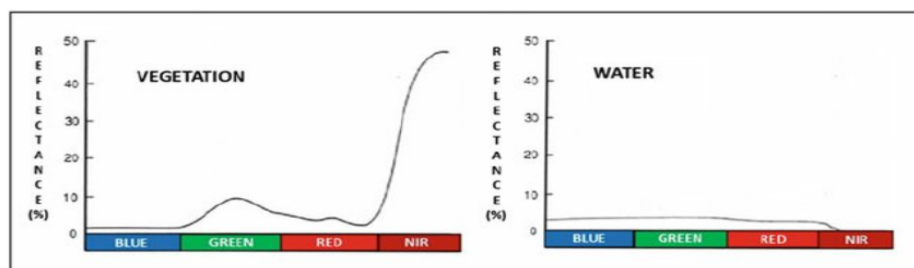
I den kortbølgede nærinfrarøde delen av spekteret (SWIR), ca. 1300-2500, avhenger reflektansen av vanninnholdet i vegetasjonen. Vann absorberer elektromagnetisk stråling rundt spektralområdene 1450nm, 1950nm og 2500nm (Humboldt, 2018). Vannabsorpsjonen i atmosfæren er sterk i disse spektrale områdene, dette fører til at strålingen i de spektrene ikke når jordas overflate. På grunn av absorpsjonsbåndene måles som regel reflektansen utenfor disse spektrale områdene.



Figur 2.9: Spektralsignatur til ulike typer vegetasjon (Govender, 2007)

2.4.3.2 Spektralsignaturen til vann

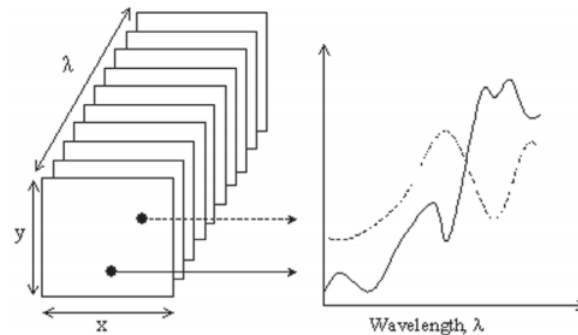
Vann har lav reflektans. Vann reflekterer i det synlige lys, men nesten ingenting i den nærinfrarød delen av det elektromagnetiske spekteret og videre på grunn av høy absorpsjon.



Figur 2.10: Spektralsignatur for vegetasjon og vann(Parece, 2015)

2.4.4 Hyperkube

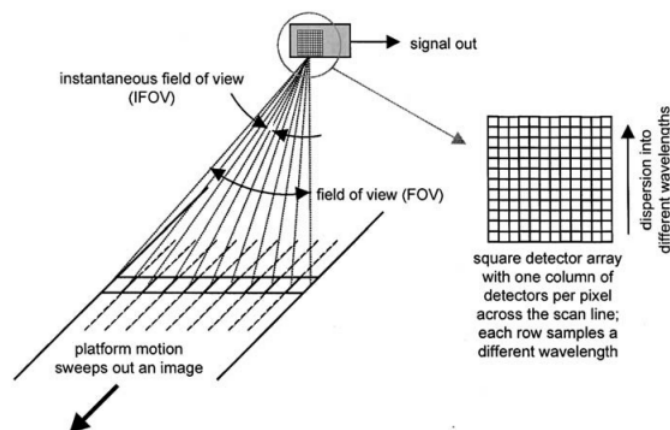
Hyperspektrale bilder betegnes også for hyperkuber med romlig dimensjon på x- og y-aksen og spektral dimensjon på z-aksen, se Figur 2.11. Hyperkuber kan fremstilles som stabler med todimensjonale bilder. Hvert todimensjonalt bilde representerer et spektralbånd. En enkelt piksel i hyperkuben inneholder et kontinuerlig spektrum også kalt spektralsignaturen som kan brukes til å karakterisere objekter i bildet (og Stephan J.Symons, 2008).



Figur 2.11: Hypercube (og Stephan J.Symons, 2008).

2.4.5 Pushbroom-skanner

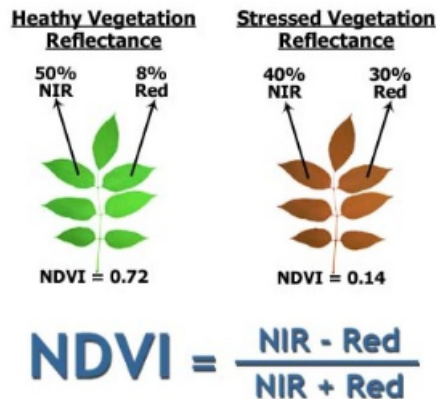
Sensoren som benyttes for å ta hyperspektrale bilder kalles for HySpex. I denne oppgaven ble en Pushbroom-skanner brukt til å ta hyperspektrale bilder. Sensoren samler inn elektromagnetisk stråling for å danne et bilde. Dette gjøres ved å detektere energi i flere deler av det elektromagnetiske spekteret. En Pushbroom-skanner (Se figuren 2.12 som illustrasjon samt tilhørende benevninger), skanner på tvers av fly retningen; En linje av bildet skannes av gangen. Skanneren består av flere lineære matriser med detektorer (CCD) (Richards, 2005). En separat lineær matrise med detektorer tar opptak i hvert sitt spektralbånd (Canada, 2017b). Hver detektor i raden utgjør FOV og raden med detektorer utgjør FOV og pikselstørrelsen.



Figur 2.12: Pushbroom-skanner (Richards, 2005).

2.4.6 NDVI

NDVI er forkortelse for «Normalized Difference Vegetation Index». NDVI er en vegetasjonsindeks som benyttes til å måle helsetilstanden til vegetasjonen. Dette baseres på hvordan vegetasjonen reflekterer i ulike bølgelengder i det elektromagnetiske spekteret (observing system, 2015). Verdien for NDVI er mellom -1 og +1, men det er som regel kun verdier over 0 som er av betydning. Dette er fordi lave NDVI verdier betyr liten forskjell mellom bølgelengdene og klorofyllinnholdet (landscape toolbox, 2019). Figuren 2.13 viser formel for NDVI.



Figur 2.13: Formel for NDVI (drones, 2017).

2.4.7 NDRE

NDRE står for «Normalized Difference Red Edge». Denne indeksen er en modifisert versjon av NDVI. NDVI benytter spektralbandene som har mest absorpsjons og refleksjon, mens NDRE benytter bølgelengdene langs «red edge» (Harris, 2018b). NIR og Red Edge står for refleksjon i det nærinfrarød og røde spekteret. Verdiene for NDRE går fra -1 til +1. Verdiene for vegetasjon er mellom 0.2 og 1. Figuren 2.14 viser formel for NDRE.

$$NDRE = \frac{NIR - Red\ Edge}{NIR + Red\ Edge}$$

Figur 2.14: Formel for NDRE. (Thompson, 2017)

2.4.8 NDWI

NDWI er forkortelse for «Normalized Difference Water Index». NDWI benyttes til å identifisere vannelementer. Indeksen maksimerer refleksjon fra vannelementer ved å bruke den grønne delen av spekteret. Vannelementer har som regel positive verdier. Figuren 2.15 viser formel for NDWI.

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Figur 2.15: Formel for NDWI (Earth, 2019)

2.4.9 Klassifisering

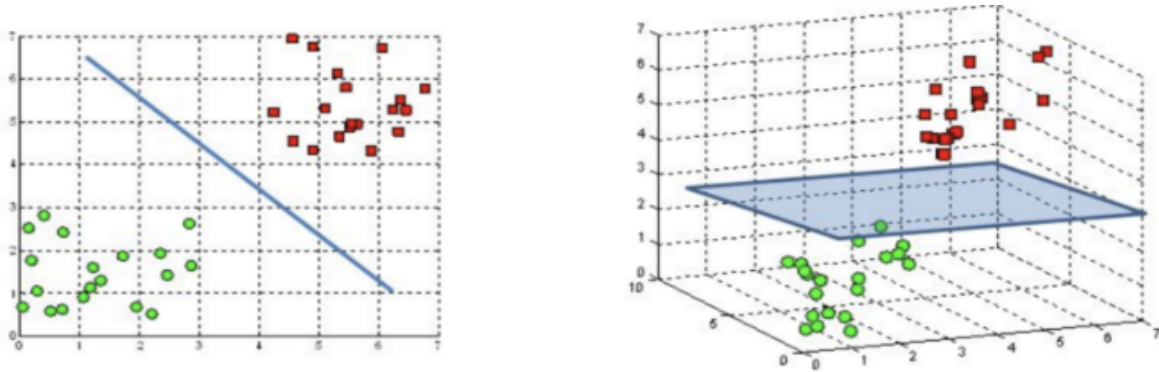
Klassifisering går ut på å tilegne alle pikslene i et bilde til bestemte klasser (Al-Doski, 2013). De to hovedtypene for klassifisering er:

- **Styrt klassifisering:** Styrt klassifisering foregår ved at man velger piksler i bildet som er representative for hver klasse man er interessert i. Pikslene som velges kalles for treningsdata. Algoritmen benytter så treningsdataene som referanse til å klassifisere andre piksler i bildet.
- **Ikke-styrt klassifisering:** Ikke-styrt klassifisering foregår uten bruk av treningsdata. Algoritmen bestemmer hvilke piksler som er like og grupperer dem inn i klasser. Brukeren angir antall klasser bildet skal deles inn i.

Klassifiseringsalgoritmen som benyttes i oppgaven blir gjennomgått under.

2.4.9.1 SVM

SVM er forkortelse for «Support Vector Machine». SVM er en styrt klassifiseringsalgoritme som separerer treningsdataene i forhold til et hyperplan (Harris, 2018a). SVM finner det optimale hyperplanet (Figur 2.16) som maksimerer avstanden til treningsdataene. Ved maksimere marginen til treningsdataene gir det mer trygghet til fremtidige klassifiseringer, og minimerer feilklassifiseringer (Gandhi, 2018).

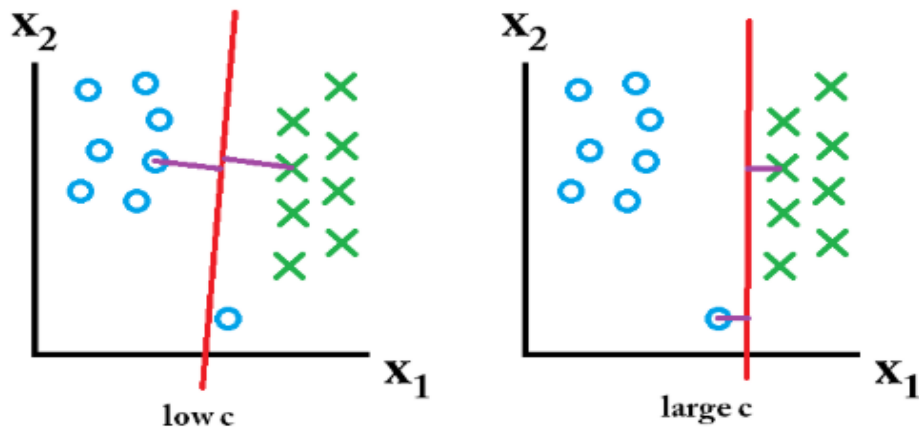


Figur 2.16: Hyperplan i 2D og 3D rom (Gandhi, 2018).

Dimensjonen til hyperplanet avhenger av antall egenskaper som skal klassifiseres. Om det er 2 egenskaper som skal klassifiseres er hyperplanet en linje, men hvis det er 3 egenskaper blir hyperplanet til et todimensjonalt plan. Datapunktene som er nærmest hyperplanet kalles for support vector. Support vectorene påvirker posisjonen og orienteringen til hyperplanet og er essensielle for hyperplanet.

Kernelen Kernel funksjonen benyttes på datasett som ikke er lineært separable. Kernelet transformerer datasettet til høyere dimensjoner for å finne et hyperplan som separerer datasettet. Det finnes flere typer kernel; lineær, radial basis og polynomial.

C-Parameter (Penalty parameter) C-parameteren er kostnaden for feilklassifisering i treningssettet og tillater grader av feilklassifisering. Høye verdier for C har høy kostnad og man får lave marginer for treningsdatasettet. Ved å velge små verdier for C får man større marginer og tillater noe feilklassifisering. Figur 2.17 illustrer dette, ved lavere verdier av C, ignorerer man outlieren og får større margin. Mens til høyre er C-verdien høy og man kan derfor ikke ignorere outlieren som gir en lavere margin. Store verdier for C tvinger etableringen av en nøyaktig modell (Harris, 2018a).



Figur 2.17: Lav C-verdi til venstre og høy C-verdi høyre(Gandhi, 2018).

2.4.9.2 Forvirringsmatrise

For å evaluere klassifiseringsresultatet kan man benytte en forvirringsmatrise. I en forvirringsmatrise ser man på sammenhengen mellom predikerte og sanne verdier. Forvirringsmatrisen er en $N \times N$ matrise hvor radene er sanne verdier og kolonnene er predikerte verdier fra klassifiseringsresultatet.

Figur 2.18 er et eksempel på en forvirringsmatrise med tre klasser. Verdiene på diagonalen viser antall elementer som er riktig klassifisert av algoritmen. Verdiene utenfor diagonalen representerer feilklassifiserte prediksjoner. Ved å lese nedover på kolonne 1, er det 21 verdier av klasse 1 som er klassifisert som klasse 2, dette kalles for omission errors. Omission errors er definert som andelen av verdier som tilhører en klasse, men predikteres til å være i en annen klasse. Ved å lese på langs av klasse 1, er det 16 verdier som skulle vært klassifisert i klasse 1, men som ble klassifisert i klasse 2. Dette kalles for comission error og defineres av andelen verdier som predikeres å være i en klasse, men ikke tilhører den klassen.

		Predikerte verdier:			
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	
Sanne Verdier:	Klasse 1	94	16	10	120
	Klasse 2	21	113	16	150
	Klasse 3	4	4	92	100
		119	133	118	

Figur 2.18: Eksempel på forvirringsmatrise. Verdiene i fetskrift markerer korrekt klassifiserte elementer.

2.4.9.3 Nøyaktighet

Nøyaktighet er et mål på hvor ofte klassifiseringen er korrekt.

2.5 Teori om laser data

I denne delen presenteres grunnleggende teori om laser som behøves for å forstå den romlige delen av analysen.

2.5.1 Laser

Lidar står for Light detection and ranging og benytter laser som en aktiv strålingskilde for å utføre avstandsmåling fra et fly. Avstanden mellom flyet og terrenget måles kontinuerlige med feiende bevegelser som danner et nettverk av punkter. Laserskanneren sender ut laserpulser med faste intervaller. Avstanden til terrenget i hvert punkt beregnes som tidsforsinkelsen fra laserpulsen blir sendt ut til den reflekterte pulsen når tilbake. Flybåren laserskanning brukes for å lage høykvalitets 3D modeller av terrenget som digital terrengmodell (DTM) og digital overflatemodell(DOM). Figuren under viser formelen for avstandsmåling. Hvor d er avstanden mellom flyet og terrenget, c er lyshastigheten og t er tidsforsinkelsen mellom når laserpulsen sendes fra sensoren og den reflekterte pulsen kommer tilbake.

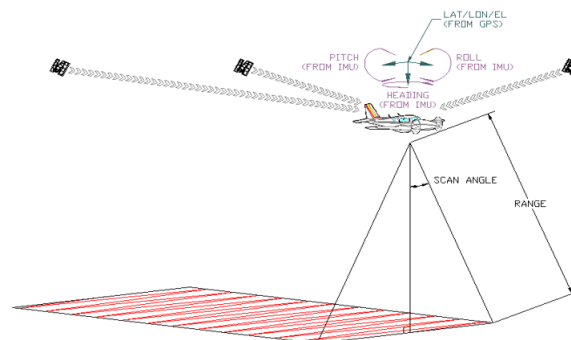
$$d = \frac{c}{2} * t$$

Figur 2.19: Formel for avstandsmåling med laser, hentet fra Terratec AS sin powerpoint om laserskanning.

Selve lidarsystem består av to hovedkomponenter:

1. Et laserskanningssystem som måler avstanden fra laseren til terrenget.
2. GPS/IMU kombinasjon for å måle eksakt posisjon og orientering til systemet.

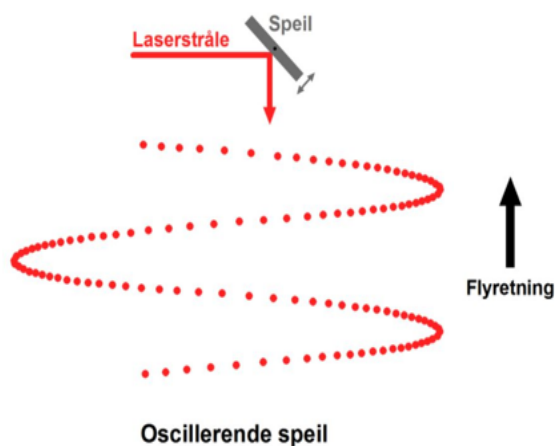
En GPS og IMU behøves når laserskanneren er montert på en mobilplattform som et fly. Når data samles fra en mobilplattform er det nødvendig å bestemme absolutt posisjon og orientering for systemet for å få nøyaktige posisjonsdata.



Figur 2.20: Illustrerer måleprinsippet for laserskanning. Hentet fra Terratec As sin powerpoint om laserskanning.

2.5.2 Skannemønstre

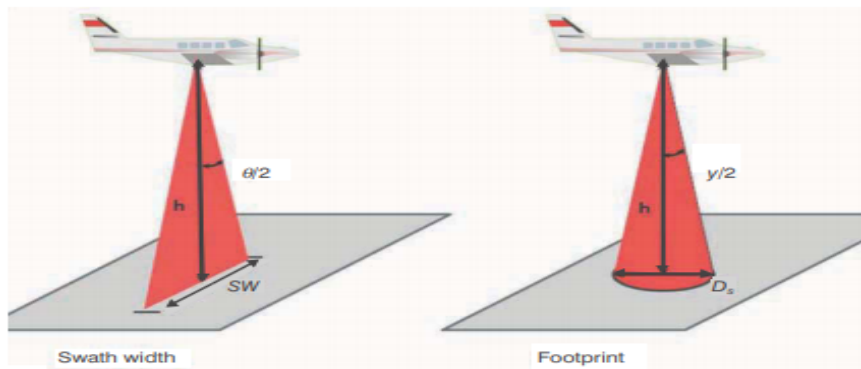
En laserskanner har forskjellige type skannemekanismer. Et eksempel er oscillerende speil. Laserstrålen treffer et speil som gynger frem og tilbake med samme hastighet og lager Z-formet punktnettverk på tvers av fly retningen. Punkttettheten i nettverket er (som man ser på Figur 2.21) varierende på grunn av akselerasjonen til speilet. Lavere punkttetthet finner man i midten, og høyere punkttetthet når speilretningen snur.



Figur 2.21: Oscillerende speil hentet fra Terratec AS sin powerpoint om laserskanning.

2.5.3 Laserskannerens egenskaper

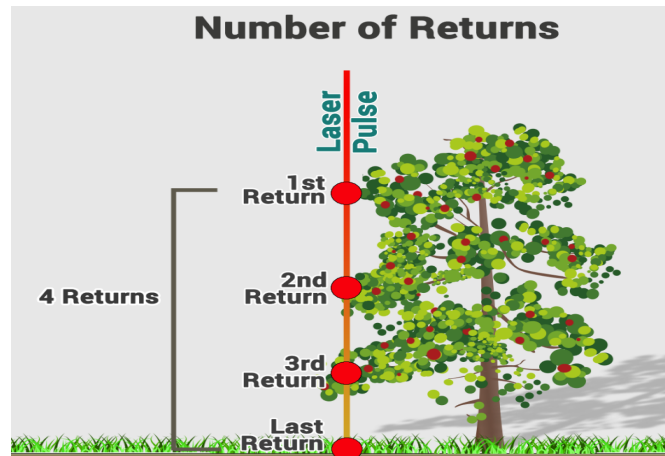
Flybårne laserskannere opererer som regel på bølgelengder mellom 800nm og 1550nm. En overflates reflekterende egenskaper avhenger av bølgelengden og dermed avhenger også laser typen av dette (Vosselman, 2010, s. 3). Kombinasjonen av skannevinkel og høyde over terrenget bestemmer skannerbredde (swath width). Laserstrålen blir bredere jo større avstanden fra laserskanneren og terrenget dette kalles for footprint. Figur 2.22 illustrere begge konseptene.



Figur 2.22: Oscillerende speil hentet fra Terratec AS sin powerpoint on laserskanning (Vosselman, 2010, s. 3)

2.5.4 Multiple retur

Multiple retur betyr at to eller flere returer på samme puls kan registreres og lagres. Retursignalet har stor betydning når man skanner over områder med vegetasjon. Når man skanner over et tre vil laserstrålen treffe forskjellige deler av treet og trenge seg videre nedover til terrenget. Dette fører til at man får flere returer fra samme utsendte puls, som fører til at man kan kartlegge terrenget og vegetasjonsoverflaten.



Figur 2.23: Illustrer prinsippet av multiple returer (GIS, 2018).

2.5.5 Punktsky

Punktskyer er resultatet fra en laserskanning. En punktsky er en kolleksjon av punkter i en 3-dimensjonalmodell i et kartesisk koordinatsystem. Punktskyen leveres med X-, Y- og Z (høyde)-koordinater, med verdier som intensitet eller antall returer. Intensiteten representerer hvor mye energi som sensoren tar opptak av. En punktsky som er georeferert og målestokksriktig kan benyttes til å gjøre nøyaktige målinger. Punktskyen kan også gjøres om til en digital terrengmodell/digital overflatemodell.

2.5.6 DSM/DTM

Laserdataene er opprinnelig en punktsky og det kan lages raster data av punktskyen. Raster data er grid av piksler hvor alle pikslene har samme størrelse. Hver piksel representerer et område på jorda. DTM/DOM kan representeres som raster data og er geometrisk modeller som beskriver absolutte høyder. DOM er forkortelse for digital overflate modell. DOM-modellen er en overflatemodell med menneskelagde og naturlige objekter. DOM-modellen kan lages ved å bruke første returene fra laserdataene. En DTM er forkortelse for digital terrengmodell. En DTM-modell som er laget fra laserdata baseres på de siste returene fra laserskanningen, dette er fordi det antas at de andre returene kommer fra objekter over jorda. DTM-modellen viser høydevariasjoner i terrenget (Vosselman, 2010, s. 137).

Likningen for DTM/DSM er vist under:

$$z = f(x, y)$$

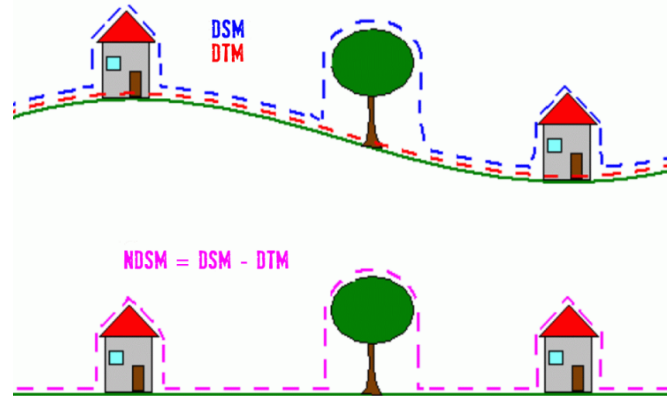
En DTM/DSM er vanligvis en 2.5D-modell, hvor hvert x, y punkt har en høydeverdi z.

2.5.6.1 Nearest neighbour interpolasjon

En DTM-modell som er laget av de siste returene og modeller høydevariasjoner i terrenget. Steder der det egentlig er naturlig og menneskelagde objekter vil fremvises som «hull» med ingen dataverdier. Det finnes forskjellige interpolasjonsmetoder som kan benyttes for å fylle «hullene» i områder som ikke inneholder data. Nearest neighbour interpolasjon er en metode for å fylle hullene. Algoritmen tilegner verdi til en ukjent piksel fra den nærmeste kjente pikselverdien (ArcGIS, 2007).

NDSM

En NDSM er forkortelse for «Normalised Digital surface Model». Modellen representerer forskjellen mellom en digital overflatemodell og en digital terrengmodell. NDSM modellen gir relative høyde av alle naturlige og menneskelagde objekter på jordas overflate. Figuren 2.24 illustrerer hvordan NDSM blir laget.



Figur 2.24: NDSM modell, hentet fra (BerlinSenate, 2014).

2.5.7 Lineær regresjon

Regresjonsanalyse er statistiske analysemetoder for å beskrive sammenhengen mellom en eller flere uavhengige variabler og en avhengig variabel (Hiis, 2018). Når man har en uavhengig variabel kalles det for enkel lineær regresjon. Ved mer enn en uavhengig variabel kalles det for multippel regresjon.

En rett lineær regresjonslinje for en uavhengig variabel har formen som vist under. Formelen er hentet fra (Menon, 2018) :

$$y = m * X + c$$

Hvor X er den uavhengige variabelen og Y er den avhengige variabelen.

2.5.7.1 Minstekvadraters metode

En vanlig måte å lage en regresjonslinje på heter minste kvadraters metode. Regresjonslinja er en modell for dataene og brukes til å prediktere data. I metoden beregnes regresjonslinjen som tilpasses de observerte dataene best ved å minimere kvadratsummen av de vertikale avvikene. Om punktet ligger på linjen er det vertikale avviket null.

Ved å laserskanne trær kan man få informasjon om posisjon på trestammen, høyde på treet og diameter til trekronen. Fordi høyden på trekronen korrelerer med trekronediameter (Hyypä, 2001). Kan man lage en minste kvadraters metode regresjonslinje, for å estimere trestammediameter. Formelen er hentet fra (Hyypä, 2001)

$$d = \alpha * L + \beta * h + \gamma$$

koeffisienten α , β og γ bestemmes med lineær regresjon. d er stamme diameter, L er kronediameter og h er høyden på treet.

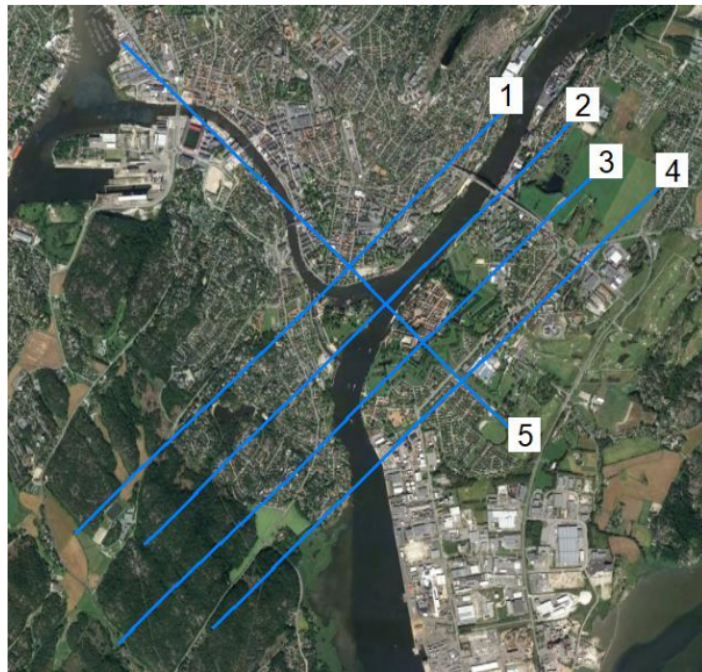
KAPITTEL 3

Materialer og metode

3.1 Materialer

3.1.1 Datainnsamling fra Terratec AS

Dette prosjektet baserer seg på hyperspektrale data og laserdata av bydelen Cicignon i Fredrikstad, datainnsamling er utført av Terratec AS. Datainnsamlingen ble utført for å kartlegge anvendelses muligheter av hyperspektrale data i et urbant miljø. Fem flystriper ble flydd over Fredrikstad den 16.09.17, se Figur 3.1. I flyvningen ble laser og HySpex flydd samtidig, det ble bruk en laserskanner og to HyperSpex sensorer. Det hyperspektrale systemet besto av sensorene: HySpex VNIR og HySpex SWIR. VNIR står for Visible and Near Infrared, og SWIR er forkortelse for ShortWave Infrarød. På 1300 meter over terrenget får HySpex VNIR en oppløsning på 0.3 meter og HySpex SWIR-sensor 0.7 Meter, HySpex sensorene dekker hvert sitt spektralområde, VNIR dekker 400nm- 1000nm og SWIR dekker 1000nm-2500nm. Laserskanneren har en punkttetthet på 13.2 punkt/kvm på den høyden og skanner på bølgelengden i nærinfrarødt (NIR, 1068 nm).



Figur 3.1: Oversikt over datainnsamlingsområdet.

3.1.2 Spesifikasjoner HyperSpex og Laser

I figur 3.2 følger spesifikasjoner for HyperSpex sensorene og laseren.

Spesifikasjoner	
Hyperspektrale Kamera	HySpex SWIR-384(snr 3126): 186 bånd,
	HySpex VNIR-1800(snr 0827): 288 bånd
Laserskanner	Leica ALS70(snr 0827)
IMU	Micro IRS IE-IPAS-uIRS
GNSS-mottaker	NovAtel OEM4 og Topcon Legacy E
Gyroplattform	Leica PAV80
Høyde over terreng	1300 m
Maks flyhastighet	130 kt
Åpningsvinkel	± 8 grader brutto for SWIR
	± 8,5 grader brutto for VNIR
Områdedekning	3,6 km ²
Datum	WGS84 UTM sone 32

Figur 3.2: Spesifikasjoner for HySpex og laser.

3.1.3 Ortorektifisering av hyperspektrale data

I motsetning til laserdata må hyperspektrale data gjennom ortorektifisering før det kan benyttes i en analyse. De innsamlede laserpunktene er ortorektifiserte ved innsamling og blir kalibrert for boresight feil før de kan brukes videre. De hyperspektrale dataene blir ortorektifisert fra en Digital overflatemodell (DOM) laget fra laserdataene fra samme innsamling. Ortorektifiseringen ble utført av Terratec AS, i en programvare kalt Parge 3.4 basert på et 0,3 meter DOM.

For å georefere og ortorektifisere de hyperspektrale dataene ble det benyttet nærmeste-nabo interpolasjon. Tilslutt ble det påført en siste korreksjon av heading, roll og pitch ved manuelt utvalg av naturlige kontrollpunkter.

3.1.4 Prosjektets avgrensninger og prosjektområdet

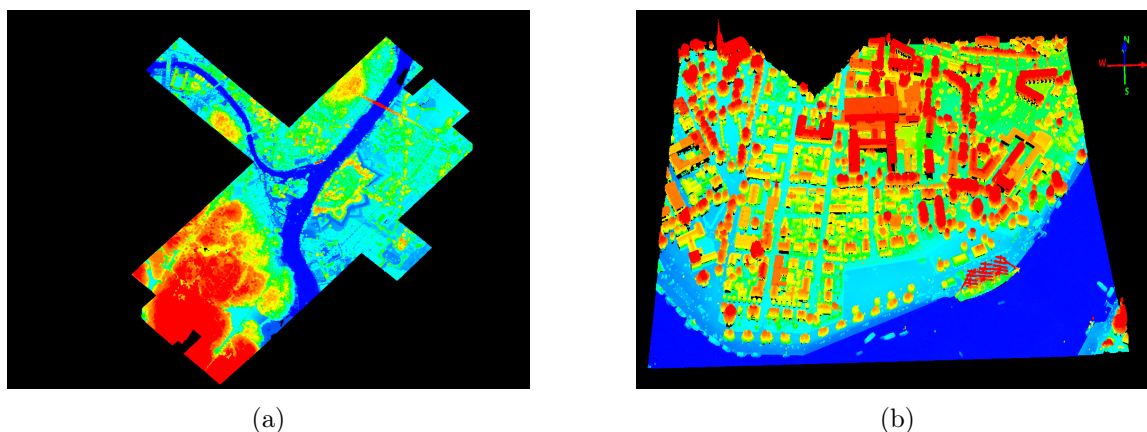
Det ble utlevert forskjellige typer datasett av Terratec As, både laserdata og hyperspektrale data. Slik data krever kraftig maskinvare og på grunn av disse begrensningene ble dataene klippet til et mindre område. Se Figur 3.3, dette området ble prosjektområdet. Både de hyperspektrale dataene og laserdataene ble klippet til. Under kommer en gjennomgang av datasettene som er benyttet. Dette er fordi det er både viktig å ha forståelse for datasettene, og for å forstå hvordan datasettene anvendes i metoddelen.



Figur 3.3: Ortofoto over prosjektområdet.

3.1.4.1 Utleverte datasett - Laser

Et laserdatasett i LAZ format av prosjektområdet ble utlevert. LAZ filer er komprimert lidar data og brukes for lagring og overføring av store mengder lidar data (Esri, 2018). Siden de fleste GIS-programvarer ikke støtter LAZ format må det konverteres til LAS for å kunne brukes videre. Derfor ble laserdataene utlevert i LAS format i tillegg. Se Figur 3.4 av LAZ- og LAS datasett av prosjektområdet.



Figur 3.4: Illustrasjon av (a) LAZ datasett og (b) LAS datasett av prosjektområdet.

LAS- filen leveres med forhånsklassifiseringer, som vist i Figur 3.5:

Klassifiseringskode	Klasse
Klasse 1	Uklassifisert
Klasse 2	Terreng
Klasse 3	Støy

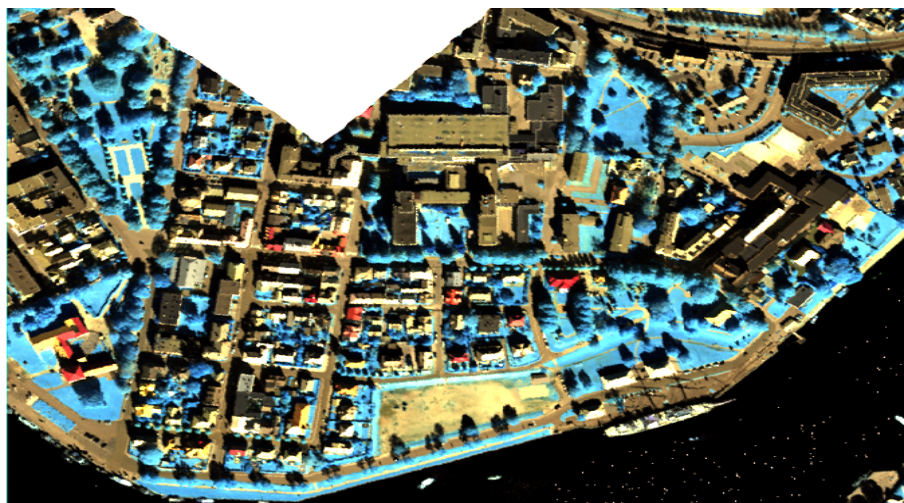
Figur 3.5: Forhåndsklassifiseringer for LAS-filen

3.1.4.2 Utleverte datasett - Hyperspektrale

De hyperspektrale datasettene som ble utlevert var to hyperkuber med radiansverdier. I startfasen av oppgaven ble det diskutert om det skulle benyttes radians eller reflektans verdier. Reflektans er som nevnt i kapittel 2.4.2 atmosfærekorrigerede data. For hyperspektrale bilder er det vanlig å utføre atmosfærekorreksjon for å kompensere for solenergi som påvirkes i atmosfæren. Men ved å tilføre atmosfærekorreksjon på hyperspektrale data, legger man til en usikkerhet i dataene. Dette kan påvirke kvaliteten på analysen som skal utføres med datasettene. På bakgrunn av dette ble det valg å jobbe med radiansverdier. Figur 3.6 og 3.7 under viser de hyperspektrale datasettene av prosjektområdet.



Figur 3.6: VNIR bildekube med radians verdier.



Figur 3.7: SWIR bildekube med radians verdier.

3.1.5 Programvarer og filformater

I denne delen presenteres de forskjellige programvarene og filformatene som er brukt i oppgaven.

3.1.5.1 Programvare

ENVI: ENVI er en programvare som benyttes til å prosessere, analysere og visualisere romlige data. Programvaren har en rekke verktøy som kan benyttes til å finne nytte informasjon i fjernmålte data. I denne oppgaven ble ENVI 5.4 brukt til å arbeide med hyperspektrale datasett, det var nyttig for klassifisere av forskjellige materialer.

Quick Terrain Modeller: Quick Terrain Modeller(QTM) er et program som kan benyttes til å visualisere 3D punktskyer og til å lage digital terrengmodell(DTM)/digital overflatemodell(DOM). I denne oppgaven ble QTM v8.0.7.x benyttet til å visualisere laserdataene, rense dataene og lage DTM/DSM.

ArcGIS PRO: ArcGIS PRO er en programvare som benyttes til å håndtere geografisk informasjon. I programmet kan man visualisere og analysere data i både 2D og 3D. I denne oppgaven ble ArcGIS pro 2.2.0.x brukt til å håndtere alt som omhandlet geografiske koblinger mellom datasettene. ArcGIS PRO ble også brukt til å bearbeide og visualisere laserdataene.

Octave: Octave er et gratis vitenskapelig programmeringsspråk. I denne oppgaven ble Octave benyttet til å skille på store og små trær og tilegne en BGF-verdi.

3.1.5.2 Filformater

CSV: CSV står for «Comma Separated Value», og er et filformat som lagrer tabelldata i tekstform med komma eller semikolon for å sparere dataene. Filformatet kan brukes som et overføringsformat slik at man kan jobbe med dataene i flere programmer.

Shape: Shape filer er et ikke topologisk format som brukes til å lagre geometrisk sted og attributter av geografiske egenskaper. Geometriske egenskaper i shape filer kan representeres som punkter, linjer eller polygoner (ArcGIS, 2016).

TIFF: TIFF står for «Tagged Image File Format» og brukes for lagring av raster bilder. TIFF formatet tillater både komprimert og ikke komprimert lagring av bilder.

3.2 Metode

Oslo-BGF deles som nevnt tidligere inn i forskjellige delfaktorer. Metodedelen vil derfor beskrive de forskjellige metodene som brukes for å finne delfaktorene. Siden det brukes forskjellige datasett til de ulike delfaktorene, vil datasettene som benyttes også beskrives. Som nevnt tidligere er det problemstillingene under som er ønskelig å besvare:

- Undersøke mulighetene til å estimere blågrønn faktor i eksisterende bymiljø ved bruk av fjernmålte data
- Hvilke utfordringer og avgrensninger oppstår ved å bruke fjernmålingsdata på eksisterende tomter?

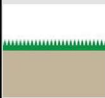
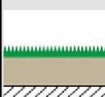
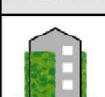
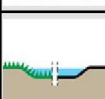
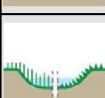
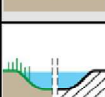
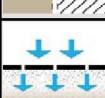



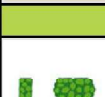

I denne oppgaven skal det beregnes en BGF-verdi for hver tomt i prosjektområdet. For å kunne gjøre dette ble det hentet ut eiendomsgrenser for alle tomtene i Fredrikstad fra matrikkelen. Eiendomsgrensene ble klippet til prosjektområdet. Tomter i prosjektområdet uten data ble utelatt. FKB-data av bygninger som ble hentet fra felles kartdataBase, brukes i oppgaven. Bakkeoppløsningen i bildene (Arealet pikselstørrelsen representerer på jorda) er i denne oppgaven 0,3*0,3 m. Bakkeoppløsningen brukes til å komme fra antall piksler i bildet til areal på bakken. Bakkeoppløsning på 0,3*0,3m brukes i alle delfaktorene.

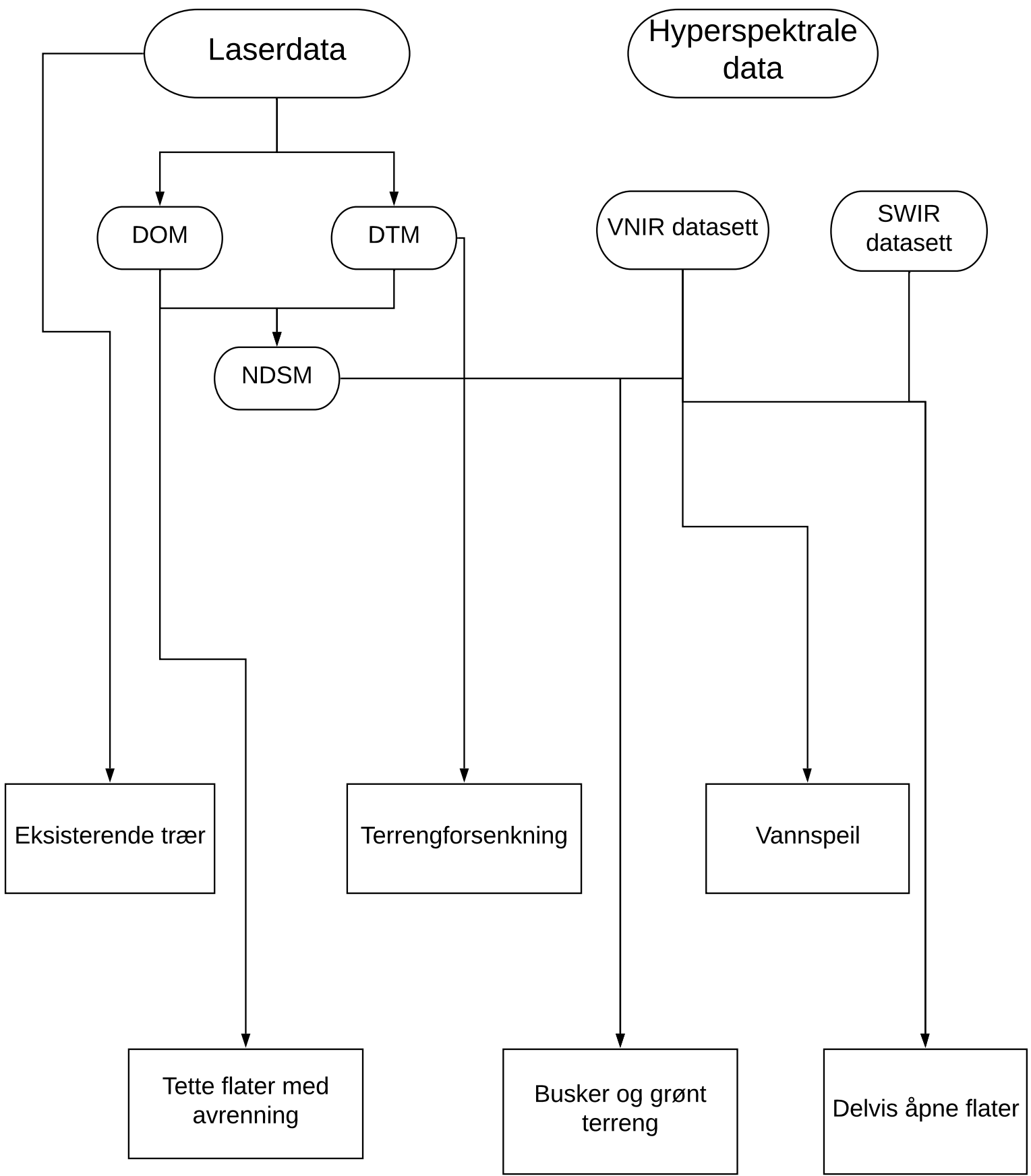
For hver delfaktor vil det følge en forklaring på hvilke avgrensninger som måtte tas. Det at BGF-Oslo er ment i planleggingsfasen for bygge saker, gjør at man får en del begrensninger siden oppgaven ser på eksisterende bymiljø.

Videre ble det gjort avgrensninger før analysen. Avgrensningene som ble gjort er å utelate delfaktorene: «Grønne vegger» og «Styrke blågrønn struktur». «Grønne vegger» ble utelatt siden man ved fjernmåling ikke får innsyn mellom bygninger, og kan dermed ikke kartlegge vegetasjon på vegger. «Styrke blågrønn struktur» er ment for å gi «bonusverdi» for at utbygger beholder nærliggende blågrønne strukturer. Men i eksisterende tomter er det ikke mulig å identifisere nærliggende strukturer og delfaktoren derfor utelatt.

På neste side er BGF-Oslo illustrert samt hvilken vekt som tilegnes de forskjellige delfaktorene. Illustrasjonen er tatt fra «Norm for blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo». På siden etter er det et oversiktskart, som viser hvilke datasett som ble brukt til de forskjellige delfaktorene.

Regneark for beregning av blågrønn faktor



Oslo kommune Plan- og bygningsetaten		BLÅGRØNN FAKTOR OSLO (BGF-OSLO)			
Prosjekttittel	Adresse (vei-/gatenavn og -nummer)	Tomteareal m ²	Dag	Måned	År
Fyll inn	Fyll inn	0	Dag	Måned	År
Tiltak	Beskrivelse	Areal/stk	Verdi	BGF	
TERRENG OG FLATER		Areal m ²	Verdi pr m ²		
 GRØNT TERRENG	Dette er nye og eksisterende begroddede flater som gressplen, hagemark og tilsvarende på naturlig eller naturlig grunn som ikke er underbygd. Naturlig fjell med oppsprukket overflate inngår. Overvann skal kunne trekke raskt ned i grunnen og ned til grunnvannet, og uteoppholdsarealer skal være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn.	0	1	0,00	
 GRØNNE TAK	Grønne tak er vegetasjon som gress o.l. som vokser i jord på tak som takhage eller grøntanlegg på lokk i gårdsrom over garasjeanlegg og tilsvarende. Overvann skal kunne trekke raskt ned i jorden, og uteoppholdsarealer være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn. Jordlag med dybde over 80 cm har tiltaksverdi 0,9. Jordlag mellom 40 og 79 cm har tiltaksverdi 0,7. Jordlag mellom 2 og 39 cm har tiltaksverdi 0,4.	0	0,9	0,00	
		0	0,7	0,00	
		0	0,4	0,00	
 GRØNNE VEGGER	For klatreplanter og andre grønne vegger regnes veggarealet som er tilrettelagt og forventes å være dekket i løpet av fem år. Det kan ikke regnes areal over den tilrettelagte høyden og bredden, og maksimalt inntil ti høydemeter for klatreplanter som er plantet i jord. Jorda skal ha god dybde og volum.	0	0,4	0,00	
 TERRENG-FORSENKNING	Terrengeforsenkning er en fordypning i terreng eller flate, i form av lekeplass, torg o.l., som er opparbeidet for uteopphold, der overvann kan fordrøyes. Overvannet i forsenkningen tømmes primært ved infiltrasjon, sekundært gjennom strupet avløp til avløpsnett. Fordypningen skal være velegnet for uteopphold, lek og lignende innen ett døgn etter regn. Minstedybde er 20 cm.	0	1	0,00	
 REGNBED OG VADI	Regnbed og vadier er blågrønne fordypninger for oppsamling og infiltrasjon av overvann. Regnbed skal være frodige og variert beplantet, og de er særlige egnede for infiltrasjon. Vadier er beplantet, og de er velegnet for oppsamling og avledning. Vann skal infiltreres innen tre timer i regnbed og infiltreres eller ledes vekk innen ett døgn i vadier. Verdien for regnbed er 4 og for vadier 1.	0	4	0,00	
		0	1	0,00	
 DAM MED PERMANENT VANNspeil	Dette er dammer, med eller uten vegetasjon, der overvann fordrøyes. Permanent betyr at det skal være vannspeil mer enn halve året, og dette forutsetter at det etterfylles med magasinert overvann ved behov. Minstedybde er 20 cm.	0	2	0,00	
 DELVIS ÅPNE FLATER	Delvis åpne overflater sørger for infiltrasjon til grunnen, for eksempel gjennom grus, singel eller betongstein for gressarmring. Infiltrasjonen forutsetter et underliggende settelag og jordvolum som lar vannet infiltrere og renne unna.	0	0,3	0,00	
 TETTE FLATER MED AVRENNING TIL REGNBED O.L.	Dette inkluderer tette flater som betong, asfalt og takflater, her inngår f.eks. grønne lokk og -tak, der vannet ledes videre til infiltrasjons- og fordrøyningsflater på terreng, for eksempel til regnbed e.l. Det er en forutsetning at tiltaket som mottar vannet, har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet.	0	0,2	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
TRÆR OG BUSKER		Stykk	Verdi pr stk		
 EKSISTERENDE TRÆR	Det skilles på store og små trær ut fra dagens omkrets på stammen målt én meter over terrenget. Hvis trærne har omkrets på mer enn 90 cm, får de en verdi på 25 per stk. Hvis trærne har omkrets under 90 cm, får de en verdi på 12,5 per stk.	0	25	0,00	
		0	12,5	0,00	
 NYE TRÆR	Det skilles på store og små trær ut fra fremtidig høyde på trær. Trær som blir høyere enn ti meter, regnes med verdi på 10 per stk. Trær som blir lavere enn ti meter, regnes med verdi på 5 per stk.	0	10	0,00	
		0	5	0,00	
		Areal m ²	Verdi pr m ²		
 BUSKER	Tiltaket omfatter felt med busker, hekker, stauder og bunndekkere. Arealet regnes i kvadrater: for utbredelse av kroner på busker og hekker, og for plantefelt med stauder og bunndekkere. Både eksisterende og nye planter og felt regnes med.	0	0,4	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
BLÅGRØNN STRUKTUR		Stykk	Verdi pr stk		
 STYRKE BLÅ-GRØNN STRUKTUR	Tiltaket omfatter blå og grønne elementer på tomten som kobles til eksisterende blågrønn struktur utenfor tomten. Det oppnås 0,05 BGF pr. kobling, for inntil to sider av tomten.	0	0,05	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
TOTAL BLÅGRØNN FAKTOR (BGF)					0,00
Utarbeidet av Plan- og bygningsetaten. Rev. 23.mai 2018					



3.2.1 «Delfaktor: Eksisterende trær»

I denne delen vil det utforskes muligheter for å finne delfaktoren «Eksisterende trær» undersøkes.

3.2.1.1 Avgrensinger: «Eksisterende trær»

TRÆR OG BUSKER					
			Stykk	Verdi pr stk	
	EKSISTERENDE TRÆR	Det skilles på store og små trær ut fra dagens omkrets på stammen målt én meter over terrenget. Hvis trærne har omkrets på mer enn 90 cm, får de en verdi på 25 per stk. Hvis trærne har omkrets under 90 cm, får de en verdi på 12,5 per stk.	0	25	0,00
			0	12,5	0,00
	NYE TRÆR	Det skilles på store og små trær ut fra <u>fremtidig</u> høyde på trær. Trær som blir høyere enn ti meter, regnes med verdi på 10 per stk. Trær som blir lavere enn ti meter, regnes med verdi på 5 per stk.	0	10	0,00
			0	5	0,00

Figur 3.8: Delfaktor: «Eksisterende trær»

I BGF-Oslo skiller man på delfaktorene «Nye trær» og «Eksisterende trær». I eksisterende bymiljø er det vanskelig å skille mellom nyplantede trær og eksisterende trær. Det er derfor valgt å kun se på eksisterende trær. BGF-Oslo definerer at omkretsen til treet skal måles 1 m over bakken, men fordi det i skogbruk er vanlig å bruke 1,3m over bakken, ble dette benyttet (SNL, 2019).

3.2.1.2 Datasett: «Eksisterende trær»

For å finne trær i bymiljø ble det brukt laserdata til å segmentere trekroner. Selve segmenteringen av trekroner ble utført av Floris Jan Groesz fra firmaet BLOM AS. Datasettet som utleveres inneholder informasjon om senterpunktet til trestammen, arealet til trekronen og tre høyden som er det høyeste lasertreff innenfor trekronen. Bygninger er klippet med FKB-data slik at man kan skille mellom bygninger og trær. Ved segmenteringen av trærne oppstår det en rekke problemer.

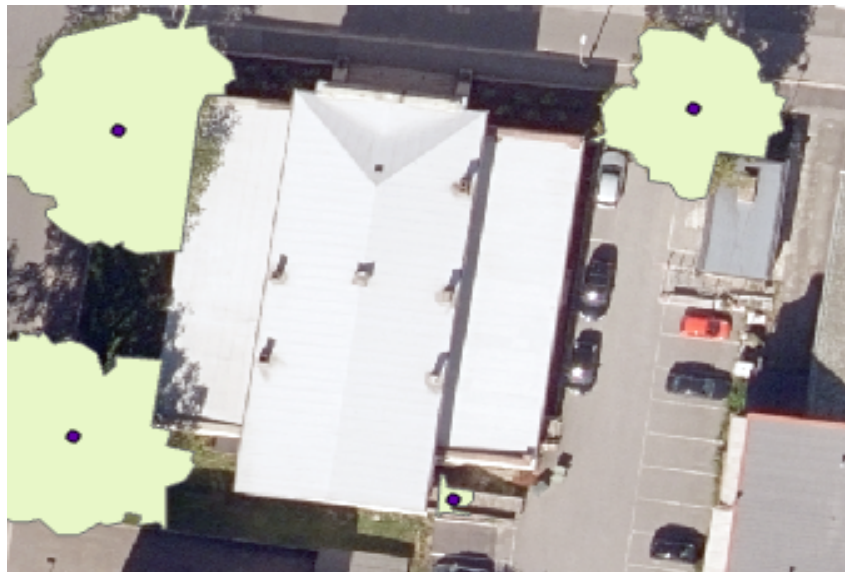
Det oppstår problemer med å finne trær i bymiljø fordi det ikke er en homogen sammensetning slik som i en skog, men kompleks fordi bymiljøer inneholder forskjellige menneskelagde objekter. Forskjellige objekter i bymiljø fører til feilklassifiseringer når man skal segmentere trekroner.

Problemer knyttet til segmenteringen innebærer:

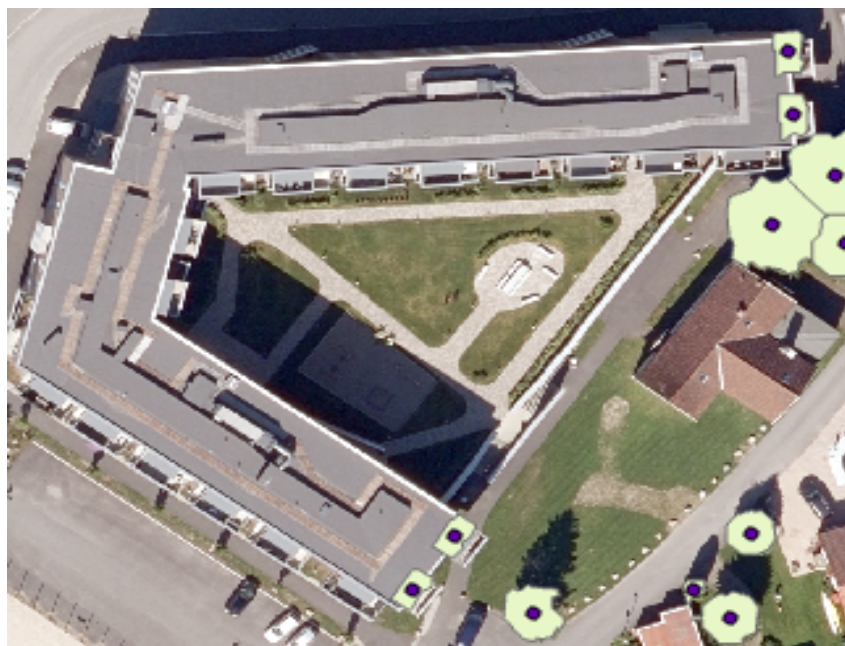
- Trær som står tett inntil hverandre der trekronene vokser i hverandre eller er nærme, slås sammen til et tre.
- Algoritmen kan dele opp trærne for mye, for eksempel at et tre deles til å være to trær.
- I det utleverte datasettet ble terskelverdien satt til 2 meter, dette medførte at en del busker ble klassifisert som trær.

- Menneskelagde objekter som stolper, biler, balkonger og ledninger klassifiseres som trær.

Fordi algoritmen ikke klarer å klassifisere trær med absolutt nøyaktighet, gjennomgås datasettet manuelt. Dette er for at busker og andre objekter som stolper, ledninger, biler og balkonger fjernes fra datasettet og man kun står igjen med trær. Det var nødvendig å sette en ny terskelverdi for å skille mellom busker og trær. Den nye terskelverdien for trær ble satt til 3m. Det var fortsatt endel usikkerheter knyttet til terskelverdien fordi det kan være busker som er høyere enn 3m, men dette ble valgt å ignorere. Figur 3.9 og 3.10 illustrere problemer knyttet til segmenteringen.



Figur 3.9: Figuren viser en balkong feilklassifisert som et tre.

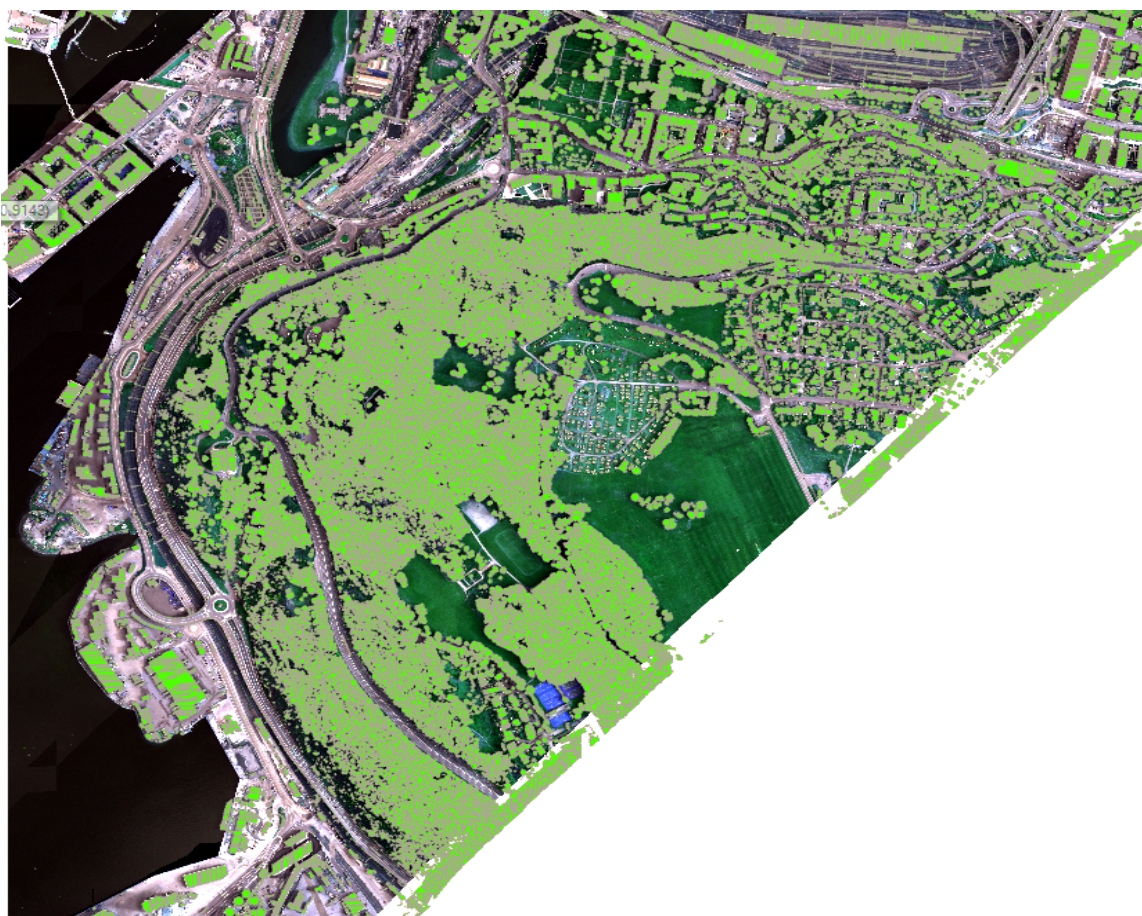


Figur 3.10: Figuren viser 4 balkonger feilklassifisert som trær.

Treningsdata

Treningsdataene ble brukt til å trene opp en regresjonslinje for å estimere stammediameter for trær. For eksisterende trær i BGF-Oslo skilles det på store trær og små trær. Dette gjøres ved å se om omkretsen til trestammen er over eller under 90cm. Fordi dataene som ble brukt i oppgaven var fra fjernmåling, var det ikke muligheter for å få omkretsen til trestammen direkte. Stammen til trærne ble derfor estimert fra laserdata med en lineær regresjonslinje. Regresjonslinja bruker informasjonen om arealet av trekronen, og høyden til treet fra laserdata fra treningsdataene. Regresjonslinja ble laget med treningsdata fra Ekebergsletta for å estimere trestamme diamater for trær i Fredrikstad.

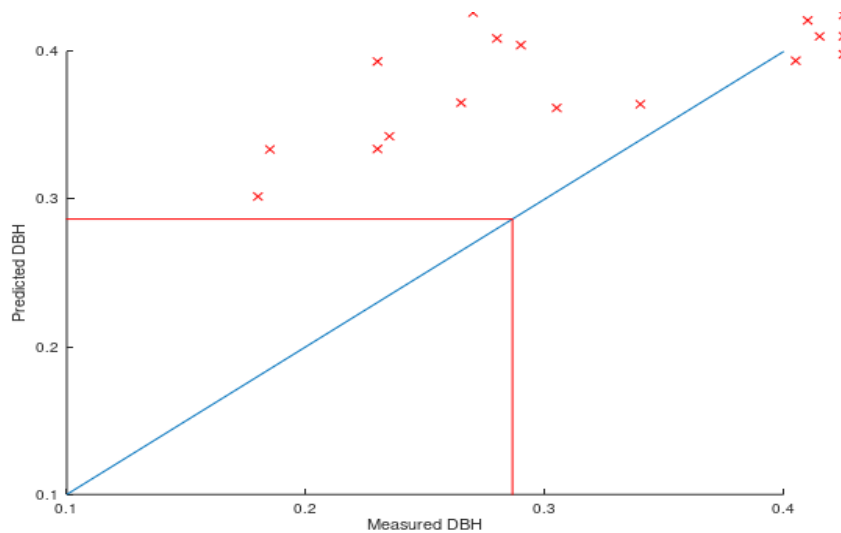
Fordi det ikke ble utført feltarbeid i Fredrikstad i forbindelse med oppgaven, ble det benyttet feltarbeid som veileder Vetle Odin Jonassen hadde tilgjengelig fra et annet prosjekt. Feltdataene var samlet inn på Ekebergsletta (Se figur 3.11) i Oslo. I feltarbeidet var det målt inn 100 trær med tilhørende treslag og diameter ved brysthøyde til trestammen. Av 100 trær ble 20 trær ekskludert fordi trestammen på treet var todelt. Høyden på treet ble hentet ut fra laserdata og radiusen på trekronen ble målt manuelt fra bakgrunns kartet med segmenterte trekroner.



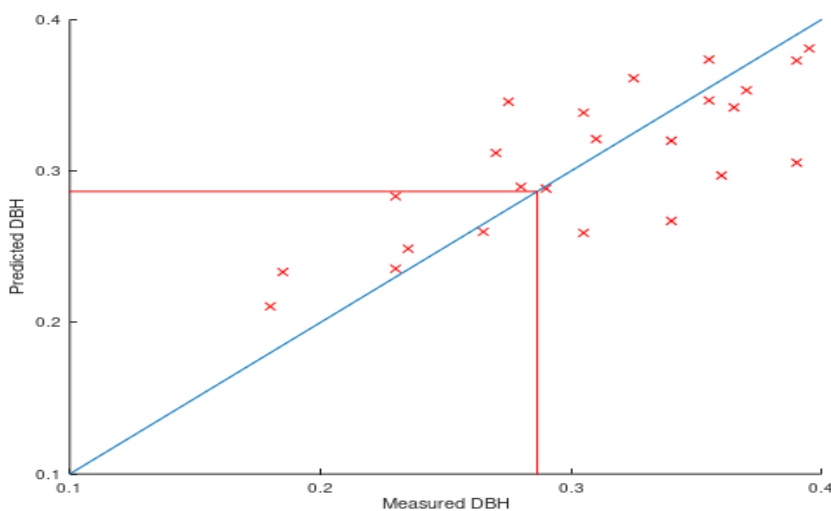
Figur 3.11: Bakgrunns kart over Ekebergsletta med segmenterte trekroner.

3.2.1.3 Plot av treningsdataene

Figur 3.12 viser regresjonslinjen for målt diameter ved brysthøyde for trestamme, mot prediktert diameter ved brysthøyde for 80 trær. Den røde boksen er terskelverdien som i BGF-Oslo avgjør om et tre er stort eller lite. Store trær er lik eller større enn 0,29cm, mens små trær er mindre enn 0,29cm. I Figur 3.12 er regresjonslinja laget med 80 samples, figuren viser at både store og små trær ble overestimert. Siden man er interessert i områdene rundt terskelverdien, ble det valgt å prøve med samples der stammediameter var under 40cm. Dette resulterte i at 24 samples ga en bedre estimering enn med 80 samples, se Figur 3.13. Det ble derfor valgt å fortsette analysen med 24 samples.



Figur 3.12: Målt stammediameter ved brysthøyde plottet mot prediktert stammediameter for 80 samples



Figur 3.13: Målt stammediameter ved brysthøyde plottet mot prediktert stammediameter for 24 samples

3.2.1.4 Fremgangsmåte: «Eksisterende trær»

Figur 3.14 viser regresjonslinjen basert på minste kvadraters metode beregnet fra treningsdataene fra Ekebergsletta.

$$dbh = 0.0614664 + 0.0049756 * H + 0.0217358 * cw$$


Figur 3.14: Regresjonsligning for estimering av diameter ved brysthøyde for trestamme. H er høyden på trærne og cw er kronediameter.

Fordi bygninger ble klippet med FKB-data, får man ikke deler av trekronen som henger over tak. Det ble derfor valgt å lage buffer fra radiusen til trekronen. Buffer er en område som etableres rundt et punkt, linje, eller en flate. Stammediameter for hvert tre ble estimert fra Fredrikstad-dataene, og tilegnet verdi. Hvert tre ble koblet til treets tilhørende tomt. Tilslutt blir verdiene til delfaktoren summert og summen blir delt på arealet av tomten.

3.2.2 «Delfaktor: Delvis åpne flater»

I denne delen vil mulighetene for å finne delfaktoren «Delvis åpne flater» med fjernmålte data undersøkes.

3.2.2.1 Avgrensninger :«Delvis åpne flater»

	DELVIS ÅPNE FLATER	Delvis åpne overflater sørger for infiltrasjon til grunnen, for eksempel gjennom grus, singel eller betongstein for gressarmoring. Infiltrasjonen forutsetter et underliggende settelag og jordvolum som lar vannet infiltrere og renne unna.	0	0,3	0,00
---	---------------------------	---	----------	------------	-------------

Figur 3.15: Delfaktor: «Delvis åpne flater»

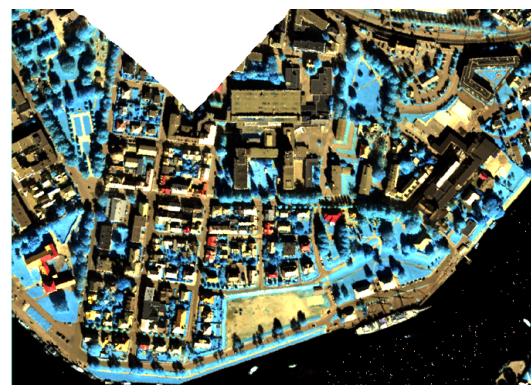
I Oslo-BGF skiller delfaktoren «Delvis åpne flater» på materialer som grus, singel og betongstein. I fjernmålte data vil det være vanskelig å skille grus fra singel fordi de har lik sammensetning. Derfor blir singel satt under klassen grus til analysen. Betongstein vil det heller ikke fokuseres på, dette er fordi det er lite områder med betongstein i prosjektområdet.

3.2.2.2 Datasett :«Delvis åpne flater»

For å finne delvis åpne flater vil det benyttes en radiometrisk analyse. Den radiometriske undersøkelsen vil gå ut på å skille signalet fra permeable overflater og impermeable overflater. De impermeable overflatene er asfalt og de permeable overflatene er grus. Asfalten som skilles ut vil brukes senere i kapittel 3.2.6. Til å finne delfaktoren «Delvis åpne flater» ble det benyttet hyperspektrale data dette er fordi materialer som asfalt og grus kan skilles i godt ut i hyperspektrale data på grunn av deres fysiske egenskaper som absorpsjon, albedo og refleksjon (Mohammadi, 2012). Til klassifiseringen ble det brukt både VNIR og SWIR datasettet (Se Figur 3.16). Begge spektrene ble brukt fordi de gjør det mulig å identifisere de små forskjellene i spektrene som skiller grus og asfalt.



(a) VNIR datasett



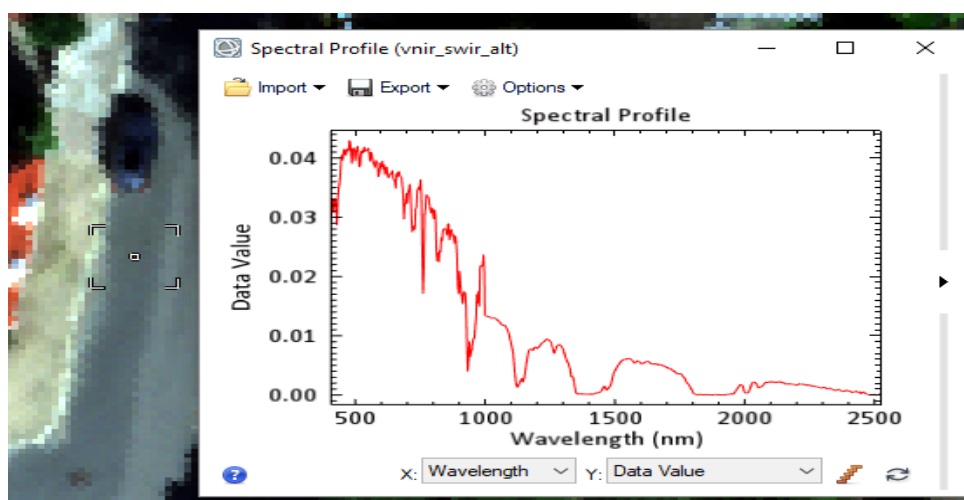
(b) SWIR datasett

Figur 3.16: Illustrasjon av (a) VNIR datasettet og (b) SWIR datasettet

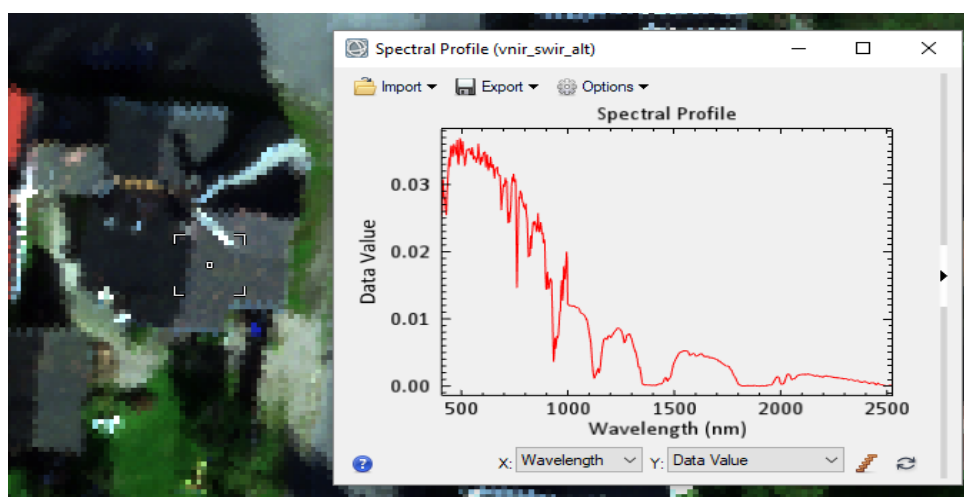
3.2. METODE

VNIR datasettet hadde en romlig oppløsning på 0.3m og SWIR datasettet hadde romlig oppløsning på 0.7m. Fordi datasettene hadde ulik romlig oppløsning, måtte et av datasettene reskaleres slik at man kunne bruke informasjon fra begge datasettene. For å ikke miste informasjon ved å reskalere VNIR datasettet til 0.7m, ble det valgt å reskalere SWIR datasettet til 0.3m. Fordi de første åtte båndene i SWIR overlappet med VNIR, ble de spektralbåndene utelatt.

For den radiometriske analysen var det interessant og kun se på veier hvor det er asfalt og grus. Tak og asfalt kan være vanskelig å skille mellom, spesielt mørke tak og mørk asfalt. Figuren 3.17 og 3.18 viser spektralprofilen til asfalt og et mørkt tak. Ved å sammenligne spektralprofilene ser man at de er veldig like. Det ble derfor valgt å maskere ut bygningene med FBK-data av bygningene i prosjektområdet.

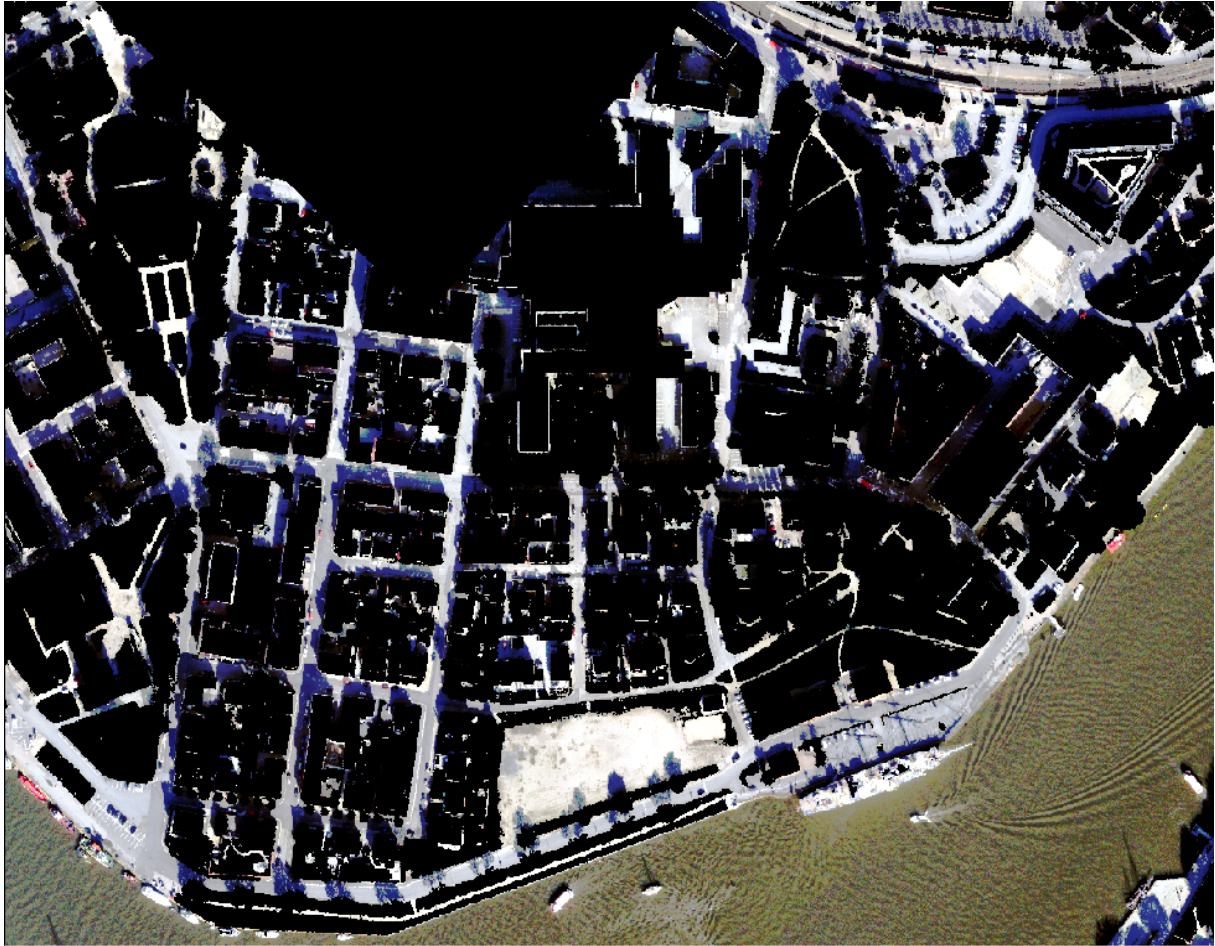


Figur 3.17: Spektralsignatur av asfalt



Figur 3.18: Spektralsignatur av tak

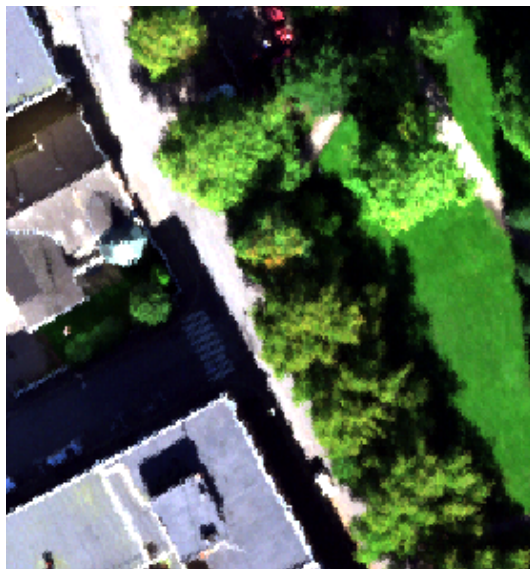
For at klassifiseringen kun skulle se på variasjonen kun i veier ble det valgt å maskere ut vegetasjon. Vegetasjonen ble maskert med et NDVI bildet med bølgelengdene 651nm for det røde spekteret og 862nm for NIR spekteret og terskelverdien på bildet ble satt til 0.2. Figur 3.19 viser bildet hvor vegetasjon og bygninger er maskert bort.



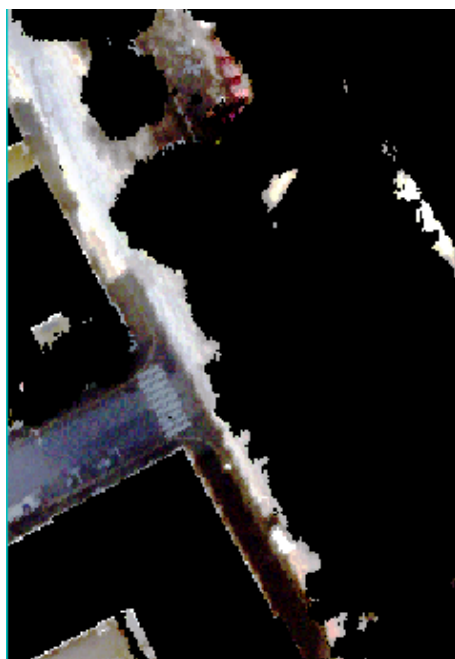
Figur 3.19: Bildet hvor vegetasjon og bygninger er maskert

3.2. METODE

Maskeringen av vegetasjon fører til at deler av trekrona som henger over veien også maskeres ut. Figuren 3.20 illustrerer dette. Figur 3.20 viser bildet før vegetasjon er maskert og figur 3.21 viser bildet etter maskeringen av vegetasjon. Veier som ikke er på en tomt er ikke av interesse. På bakgrunn av dette ble det antatt at alt under trekronen er gress.



Figur 3.20: Trekrone som henger over asfalt

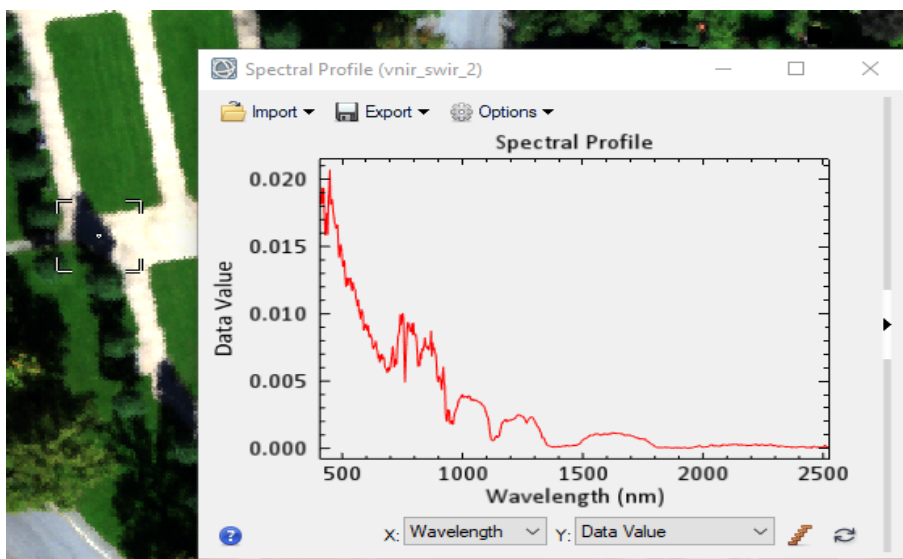


Figur 3.21: Bildet etter trekronen er fjernet

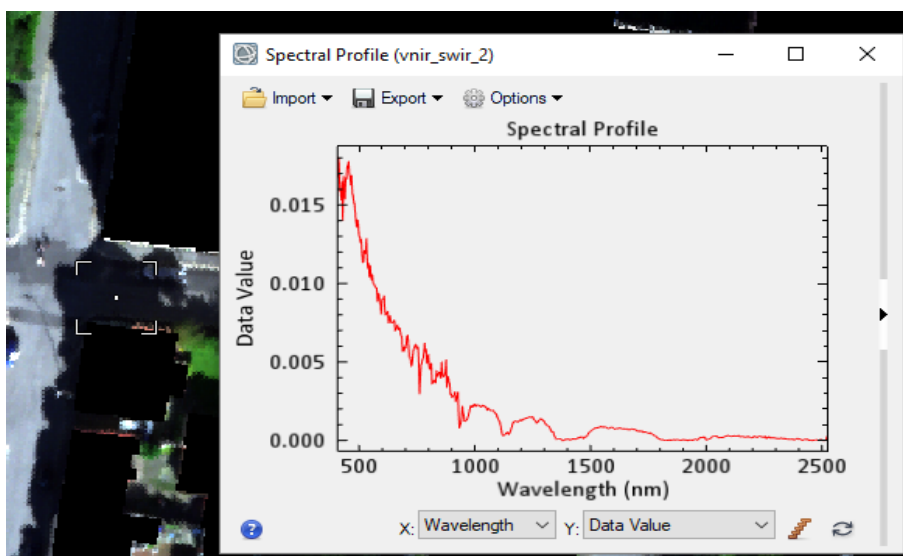
3.2.2.3 Valg tatt før klassifiseringen av delfaktoren «Delvis åpne flater»

For å kunne utføre en klassifisering på datasettet var det viktig å ta en del valg. Dette var for å sette forutsetninger til klassifiseringen. I det valgte området var det en del skygge som kunne føre til problemer knyttet til klassifiseringen.

Figurene 3.22 og 3.23 viser spektralprofilen til både grus og asfalt i skyggen. Generelt for spektralprofilene er at grus og asfalt i skyggen har svakt signal og veldig lik spektralsignatur. Spektralsignaturen til grus og asfalt i skyggen viser at det ville vært problematisk å skille disse materialene på bakgrunn av spektralsignaturen. På grunn av dette ble det valgt å ikke ta hensyn til å skille asfalt og grus i skyggen.



Figur 3.22: Spektralsignatur av grus i skyggen



Figur 3.23: Spektralsignatur av asfalt i skyggen

Spektralprofilen til asfalt og grus er varierende i datasettet. Dette er på grunn av materialenes sammensetning. For asfalt er det variasjoner i sammensetningen av hvordan materialet er fremstilt og slitasje på materialet. Spektralsignaturen til grus varierer med kornstørrelse og slitasje. Signalet til materialene blir også påvirket av varierende lysforhold i forskjellige deler av bildet. For å trene algoritmen var det viktig å velge treningsdata som representerte disse variasjonene i datasettet. Ortofoto og Google Earth ble benyttet for å velge treningsdata for grus og asfalt.

3.2.2.4 Klassifisering

For å skille mellom permeable og impermeable overflater ble det benyttet styrt klassifiseringsalgoritme kalt Support Vector Machine (SVM). SVM ble testet ut med forskjellige parametere. Kernen som ble valgt var lineær og det ble testet ut forskjellige verdier for penalty parameter. Treningsdataene fra forskjellige steder i prosjektområdet ble benyttet til klassifiseringen for å få med variasjonene i de forskjellige klassene. Treningsdataene utgjorde tilsammen 19788 piksler for grus og 20403 piksler for asfalt. For validering av resultatet ble det benyttet 12867 for grus og 10701 piksler for asfalt. Klassifiseringsresultatet ble evaluert med forvirringsmatrise og nøyaktighet.

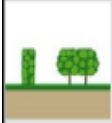
3.2.2.5 Etter klassifisering

For denne delfaktoren var kun grus av interesse. Datasettet ble reklassifisert slik at det kun var igjen grus. Grus datasettet koblet til tomtene, slik at man så hvor mye grus hver tomt inneholdt. Arealet av grus og tomtene ble ganget med bakkeoppløsningen. Så ble arealet av grus vektet med 0,3 og delt på arealet av tilhørende tomt.


3.2.3 Delfaktor: «Busker» og «Grønt terreng»

I denne delen vil mulighetene for å finne delfaktorene «Busker» og «Grønt terreng» med fjernmålte data undersøkes. Det ble valgt å skrive om datasettet til delfaktorene i samme delkapittel, da forbredelsene av datasettene var like.

3.2.3.1 Avgrensninger: «Busker» og «Grønt terreng»

	BUSKER	Tiltaket omfatter felt med busker, hekker, stauder og bunndekkerne. Arealet regnes i kvadrater: for utbredelse av kroner på busker og hekker, og for plantefelt med stauder og bunndekkerne. Både eksisterende og nye planter og felt regnes med.	0	0,4	0,00
---	---------------	---	---	-----	------

(a) Delfaktor:

	GRØNT TERRENG	Dette er nye og eksisterende begrodde flater som gressplen, hagemark og tilsvarende på naturlig eller naturlig grunn som ikke er underbygd. Naturlig fjell med oppsprukket overflate inngår. Overvann skal kunne trekke raskt ned i grunnen og ned til grunnvannet, og uteoppholdsarealer skal være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn.	0	1	0,00
---	----------------------	--	---	---	------

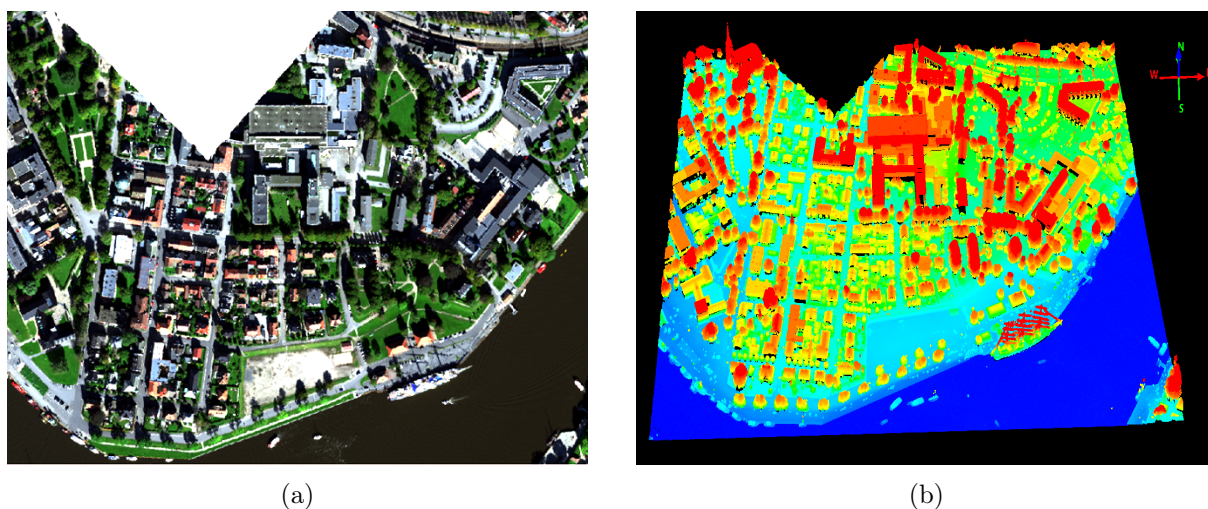
(b) Delfaktor:

Figur 3.24: Delfaktor (a) Busker og (b) Grønt terreng

Under metoden i delkapittel 3.2.1 ble det nevnt at terskelverdien for trær ble satt til 3m. Terskelverdien for medfører en del usikkerheter for busker. Busker varier i høyde og det finnes busker som er over 3m, for å sette et konkret skille mellom busker og trær ble det i denne oppgaven bestemt at busker over 3m klassifiseres som trær. Delfaktorene busker og grønt terreng vektet henholdsvis med 0.4 og 1.

3.2.3.2 Datasett: «Busker» og «Grønt terreng»

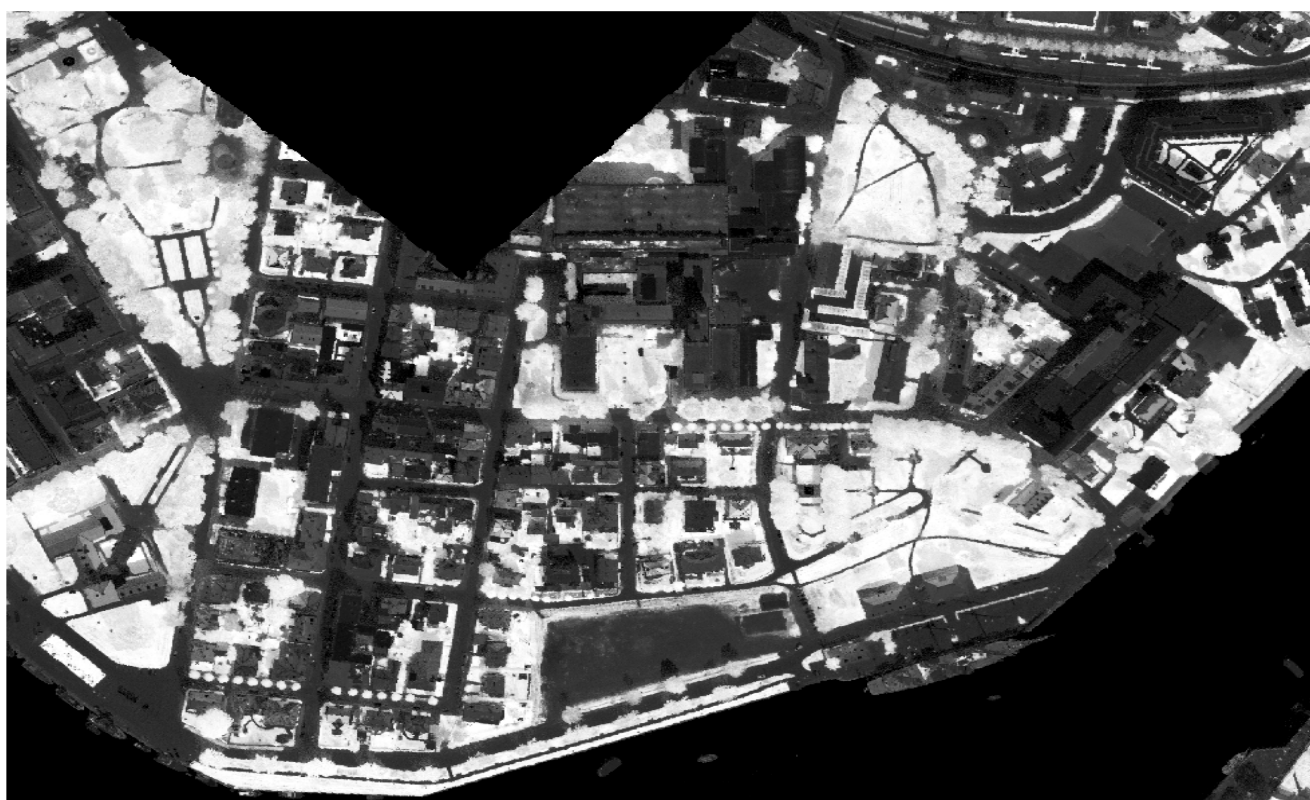
Analysen vil være en kombinasjon av en romlig- og radiometrisk analyse. Dette er fordi med laser, vil man ikke kunne skille busker fra bil, trær, stolper og balkonger i samme høyde. Hvis det kun hadde blitt brukt hyperspektrale data hadde det vært vanskelig å skille på forskjellige typer vegetasjon som trær, busker og gress. Ved å kombinere de to analyse metodene kan man lettere skille mellom busker og gress. Den radiometriske analysen vil fokusere på å skille signalet til vegetasjon mens den romlige analysen vil benyttes til å finne høydeforskjeller i terrenget. Til den radiometriske analysen ble det benyttet et VNIR bildet, dette er fordi vegetasjon skiller seg godt ut i det synlige og nær-infrarød delen av det elektromagnetiskespekteret.



Figur 3.25: Figur (a) er VNIR datasettet og figur (b) er laserdata over prosjektområdet

Siden noen av takene inneholder vegetasjon, ble det valgt å maskere bygningene. Maskeringen av bygninger ble utført med FKB-data av bygningene i prosjektområdet. For å skille ut vegetasjon i prosjektområdet ble det laget et NDVI bildet fra VNIR datasettet. NDVI bildet ble laget med bølgelengde 651nm for det røde spekteret og 861nm for NIR spekteret.

For den romlige analysen ble det laget en NDSM modell for å finne relativ høydeverdier over terrenget. NDSM modellen ble laget ved å benytte en DTM og en DSM modell. DTM modellen inneholder absolutte høydeverdier. DSM modellen inneholder varierende høydeverdier fra både naturlige og menneskeskapte egenskaper på jordas overflate. Laserdataene var som nevnt tidligere i delkapittel 3.1.4.1, forhåndsklassifisert til terrengpunkter. DTM-modellen ble laget ved å bruke de forhåndsklassifiserte terrengpunktene. Fordi forhåndsklassifiseringen ble benyttet oppstår det hull der det er naturlige og menneskeskapte egenskaper i DTM-modellen. Hullene i DTM ble fylt ved å bruke «nearest neighbour»- interpolasjon. DSM modellen ble laget ved å bruke de første returene fra laserdataene. Tilslutt ble NDSM modellen laget ved å trekke DTM modellen fra DSM modell. Figuren under viser de forskjellige modellene laget i prosessen Figur 3.26 (a) er NDVI bildet laget av VNIR datasettet og figur 3.26 (b) er NDSM modellen av prosjektområdet.



(a)



(b)

Figur 3.26: Figur (a) NDVI bildet av VNIR datasettet (b) NDSM modell

3.2.3.3 Fremgangsmåte : «Busker» og «Grønt terreng»

Fremgangsmåte for «Busker»: For å finne busker ble NDVI bildet i figur 3.17 brukt. Det ble satt en terskelverdi på 0.2 for NDVI bildet for å skille ut sunn vegetasjon. NDSM modellen ble satt til terskelverdi over 0.3m og under 3m. All vegetasjon mellom disse terskelverdiene ble definert som busker.

Fremgangsmåte for «Grønt terreng»: For grønt terreng ble det benyttet samme terskelverdi for NDVI bildet som for busker. Grønt terreng ble definert som all vegetasjon under 0.3m. I metoden i delkapitel 3.2.2 ble det antatt at alt under trekrona var gress. På bakgrunn av dette ble det laget buffere av trekronene i prosjektområdet. Metoden for å lage buffere var ved å bruke radiusen til trekrona, slik det ble gjort i delkapittel 3.2.1 for trær. Funnene for grønt terreng ble satt sammen med bufferene for trær.

3.2.3.4 Knytte BGF til enkelt tomter

Siste steget var å koble sammen busker og gress til tilhørende tomter. Arealer av tomt, busker og grønt terreng ble ganget med bakkeoppløsningen. Så ble arealet av busker og grønt terreng vektet med 0,4 og 1 og delt på arealet av tilhørende tomt.

3.2.4 Delfaktor: «Grønne Tak»

I denne delen vil det undersøkes mulighetene for å finne delfaktoren «Grønne tak» ved bruk av fjernmålte data.

3.2.4.1 Avgrensninger: «Grønne tak»

	GRØNNE TAK Grønne tak er vegetasjon som gress o.l. som vokser i jord på tak som takhage eller grøntanlegg på lokk i gårdsrom over garasjeanlegg og tilsvarende. Overvann skal kunne trekke raskt ned i jorden, og uteoppholdsarealer være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn. Jordlag med dybde over 80 cm har tiltaksverdi 0,9. Jordlag mellom 40 og 79 cm har tiltaksverdi 0,7. Jordlag mellom 2 og 39 cm har tiltaksverdi 0,4.	0	0,9	0,00
		0	0,7	0,00
		0	0,4	0,00

Figur 3.27: Grønne Tak

Delfaktoren «Grønne tak» i BGF-Oslo vektes basert på hvor dypt jordlaget er. Med fjernmålte data er dette svært vanskelig å skille, og det ble valgt å vekte alle arealer av vegetasjon på tak med 0.4.

3.2.4.2 Datasett: «Grønne tak»

For å finne delfaktoren «Grønne tak» ble det utført en radiometrisk analyse. Til dette ble det brukt hyperspektrale data. Fordi vegetasjon har mest refleksjon i det synlig og nær-infrarødt delen av det elektromagnetiskespekteret, ble det valgt å bruke VNIR datasettet. Se Figur 3.28.

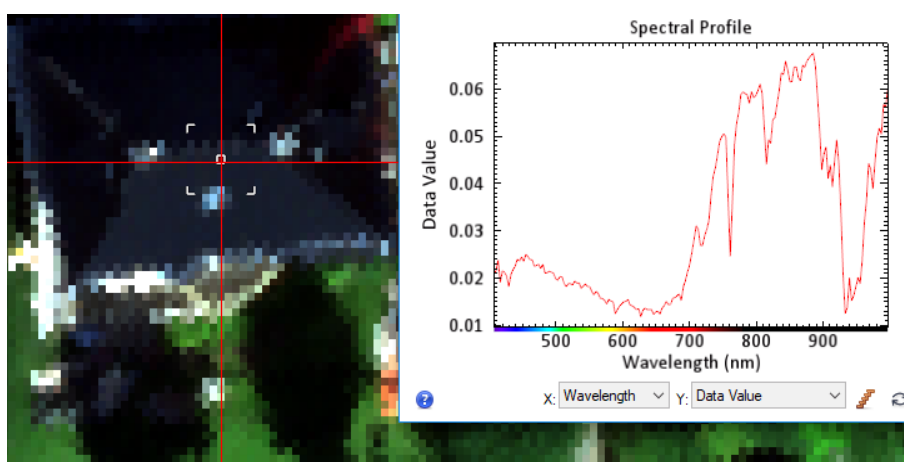


Figur 3.28: VNIR datasett

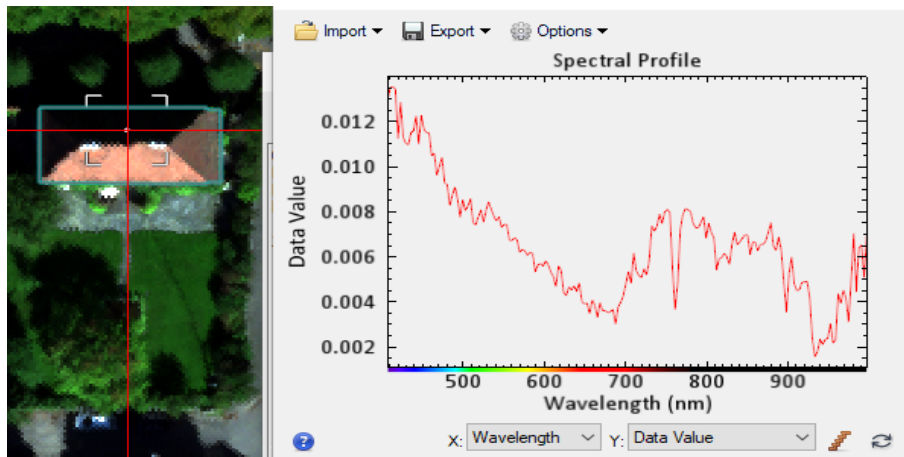
3.2.4.3 Fremgangsmåte: «Grønne tak»

For å skille mellom vegetasjon på terrenget og vegetasjon på tak, ble alt utenom tak maskert. Til maskeringen ble det benyttet FKB-dataene av bygningene. Så ble vegetasjonsindeksen NDRE brukt for å skille ut vegetasjon. NDRE indeksen bruker nær-infrarøde målinger med mye større gjennomtreningsdybde gjennom vegetasjonen enn røde målinger og tillater estimering av den totale andelen av grønt materiale. Fordi det er lite vegetasjon på tak i prosjektområdet og man var interessert i å skille ut all vegetasjon på tak, inkludert mose ble det valgt å bruke denne indeksen. Indeksen bruker bølglengdene 729nm og 761nm. Da indeksen ble brukt på prosjektområdet ble det oppdaget at det var problemer knyttet til mørke tak og svarte tak i skyggeområder. Indeksen var sensitiv for skyggeområder og trodde mørke tak og tak i skyggen var vegetasjon.

Figur 3.29 viser spektralsignaturen til et svart tak og Figur 3.30 viser spektralsignaturen til et rødt tak i skyggen. På spektralsignaturene kan man se en «red edge»-effekt i den nær-infrarød delen av spekteret. Denne «red edge»-effekten fører til at indeksen tror disse takene er vegetasjon. «Red edge» ble oppdaget på flere tak. Tak i skygge og svarte tak ble derfor maskert ut ved å bruke ortofoto og Google Earth for sjekke at det ikke var vegetasjon på takene.



Figur 3.29: Spektralsignatur av et svart tak




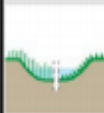
Figur 3.30: Spektralsignatur av et tak i skyggen

Neste steg var å skille mellom trekroner som hadde vokst over på takene og vegetasjon på takene. For å maskere ut trekrona på tak ble det bruk buffer av trekronen som ble laget i metoden «Eksisterene trær» i delkapittel 3.2.1. På noen bygninger var det vegetasjon på vegger som vokste over på takene og det ble valgt å ta dette med som vegetasjon på tak. Vegetasjon på tak og tomter ble ganget med bakkeoppløsningen. Deretter ble vegetasjon på tak vektet med 0,4 og delt på tilhørende tomt.

3.2.5 Delfaktor: «Terrengforsenkning»

I denne delen vil mulighetene for å finne delfaktoren «Terrengforsenkning» med fjernmålte data undersøkes.

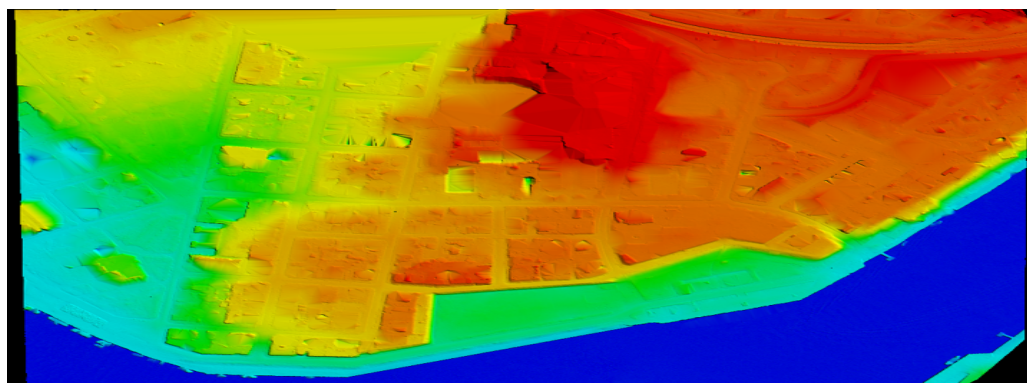
3.2.5.1 Avgrensninger: «Terrengforsenkninger»

	TERRENG-FORSENKNING	Terrengforsenkning er en fordypning i terreng eller flate, i form av lekeplass, torg o.l., som er opparbeidet for uteopphold, der overvann kan fordrøyes. Overvannet i forsenkningen tømmes primært ved infiltrasjon, sekundært gjennom strupet avløp til avløpsnett. Fordypningen skal være velegnet for uteopphold, lek og lignende innen ett døgn etter regn. Minstedybde er 20 cm.	0	1	0,00
	REGNBED OG VADI	Regnbed og vadier er blågrønne fordypninger for oppsamling og infiltrering av overvann. Regnbed skal være frodige og variert beplantet, og de er særlige egnede for infiltrasjon. Vadier er beplantet, og de er velegnet for oppsamling og avledning. Vann skal infiltreres innen tre timer i regnbed og infiltreres eller ledes vekk innen ett døgn i vadier. Verdien for regnbed er 4 og for vadier 1.	0	4	0,00
			0	1	0,00

Figur 3.31: Delfaktor: «Terrengforsenkning»

I BGF-Oslo ble delfaktoren «Regnbed» beskrevet som frodig og variert og at vann skal avledes innen 3 timer. Delfaktoren «Vadi» skal være frodig beplantet og avlede vann innen 1 døgn. I denne oppgaven vil det være vanskelig å skille mellom beplantet og frodig beplantet videre ble det valgt å ikke se på vannavrenningshastigheten. På bakgrunn av dette ble det bestemt å se bort fra regnbed og vadi. Det ble valgt å kun se på Terrengforsenkninger med minstedybde på 0,2m. Det vil heller ikke skilles på hva slags materiale terrengforsenkningen består av.

3.2.5.2 Datasett for «Terrengforsenkning»



Figur 3.32: DTM modell

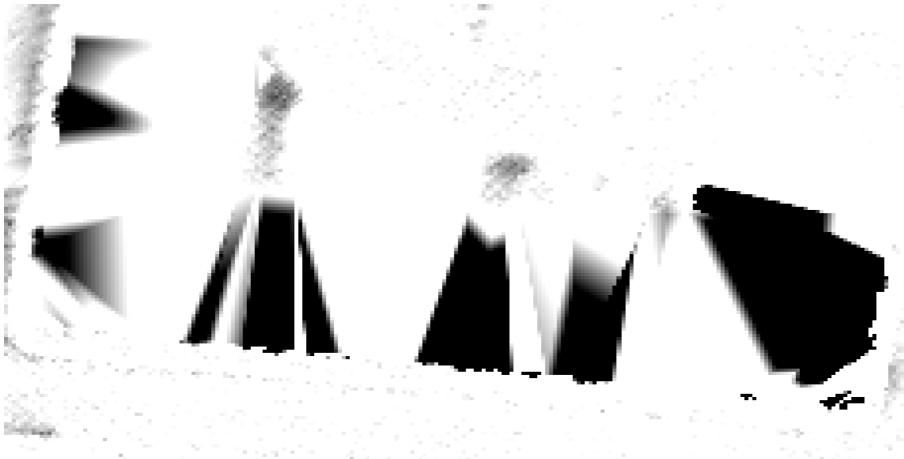
For å finne terrengforsenkninger ble det benyttet laserdata. Analysen for å finne terrengforsenkninger vil være en romlig analyse. Hvordan DTM ble laget er skrevet om i delkapittel 3.2.1. Siden DTM-modellen viser absolutte høyder i terrenget ble modellen brukt i analysen.

3.2.5.3 Fremgangsmåte: «Terrengforsenkning»

Alle terrengforsenkninger i DTM-modellen ble fylt. Ved å da ta DTM som var fylt minus den originale DTM-modellen får man alle terrengforsenkninger. Figuren 3.33 illustrerer utfordringer som oppsto. Figur 3.33 (a) viser ortofoto over noen bygninger og Figur 3.33 (b) viser terrengforsenkninger der bygningene i figur (a) er. Terrengforsenkningene hadde høye verdier selvom hullene i DTM-modellen ble tettet ved interpolering i dannelsen av DTM'en. Forklaringen på de høyde verdiene kan være at noen punkter skutt ned i slukene ved flyvning og forårsaket dermed disse helningene. På bakgrunn av dette ble det valgt å maskere bygningene ved bruk av FKB- data.



(a)



(b)


Figur 3.33: Figur (a) viser noen bygninger og figur (b) viser terrengforsenkninger

Tilslutt ble terskelverdien for terrengforsenkningene valgt til 20cm. Arealet av terrengforsenkningene og tomtene ble ganget med bakkeoppløsningen. Så ble arealet av terrengforsenkningene vektet med 1 og delt på arealet av tomtene.

3.2.6 Delfaktor: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»

I denne delen vil det undersøkes mulighetene for å finne delfaktoren «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning», ved bruk av fjernmålte data.

3.2.6.1 Avgrensninger: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»

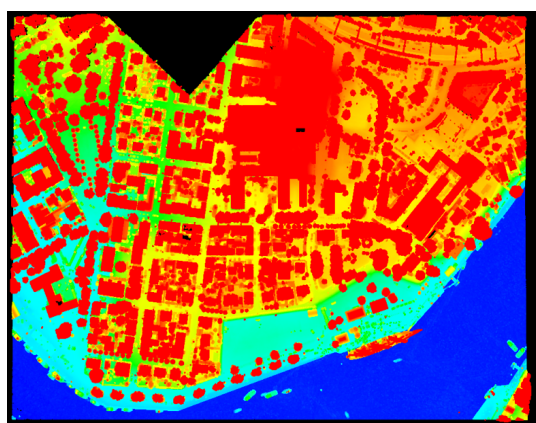
 <p>TETTE FLATER MED AVRENNING TIL REGNBED O.L</p>	<p>Dette inkluderer tette flater som betong, asfalt og takflater, her inngår f.eks. grønne lokk og -tak, der vannet ledes videre til infiltrasjons- og fordrøyingsflater på terreng, for eksempel til regnbed e.l. Det er en forutsetning at tiltaket som mottar vannet, har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet.</p>	0	0,2	0,00
--	--	---	-----	------

Figur 3.34: Avrenning fra tette flater avgrensninger

På bakgrunn av beskrivelsen til delfaktoren antas det at avrenningen fra de tette flatene må være knyttet til samme tomt som terrengforsenkning, for at tomten skal vektlegges. I kapittel 3.2.5 ble det nevnt at det ikke ble valgt å se på regnbed og vadi. I denne metoden ble også valgt å se bort ifra de nevnte delfaktorene. I kapittel 3.2.2 ble det nevnt at det ble ser bort fra betong, dette ble også gjort i denne metoden. Det ble valgt å kun se terrengforsenkninger som hadde avrenning fra takflater og asfalt.

3.2.6.2 Datasett: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»

For å finne tette flater med avrenning til terrengforsenkning benyttes det en romlig analyse. Den romlige analysen vil gå ut på å se hvilke tette flater som hadde avrenning til en terrengforsenkning. For dette ble det benyttet laserdata. Til å finne delfaktoren ble terrengforsenkningene som ble funnet i delkapittel 3.2.5 benyttet. I tillegg ble det brukt en DSM modell. Hvordan DSM-modellen ble laget står i delkapittel 3.2.2. Figur 3.35 (a) viser en DSM-modell og Figur 3.35 (b) viser terrengforsenkninger i prosjektområdet.



(a)



(b)

Figur 3.35: Figur (a) viser en DSM modell og figur (b) viser terrengforsenkninger o prosjektområdet

3.2.6.3 Fremgangsmåte: «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning

For å finne avrenningen fra tette flater ble det laget avrenningsfelt til hver av terrengforsenkningene i figur 3.35 (b). Et avrenningsfelt er et felt hvor man ser all vannavrenning fra omgivelsene til et utløpspunkt. I denne metoden ble det sett på vannavrenning fra tette flater som asfalt og bygninger til terrengforsenkningene som utløpspunkt. For å lage disse avrenningsfeltene måtte man gjennom en rekke steg:

1. Først ble DSM modellen fylt. Dette ble gjort for å tette «hull» i datasettet som følge av oppløsningen i laserdatasettet. Om hullene ikke blir fylt kan man få avrenningsfelt som ikke er kontinuerlig.
2. Så var det nødvendig å bestemme avrenningsretningen for hver piksel i rasteret. Algoritmen for avrenningsretningen ble valgt til å være D8. Avrenningsretning med D8 algoritmen bestemmes fra hver piksel til den bratteste nabopikselen. Algoritmen ble brukt på DSM modellen i steg 1.
3. Deretter var det nødvendig å finne den akkumulerte avrenningen til hver piksel i rasteret. Dette ble gjort ved å benytte rasteret i steg to videre.
4. Neste steg var å finne punkter med høy akkumulert avrenning til terrengforsenkningene. Dette ble gjort ved å kombinere rasteret fra steg 3 og rasteret av terrengforsenkningene.
5. Det siste steget var å lage avrenningsfelt fra terrengforsenkningene. Dette ble gjort ved å kombinere datasettet fra steg 2 av avrenningsretningene og rasteret fra steg 4. Figuren 3.36 viser avrenningsfeltene til terrengforsenkningene.



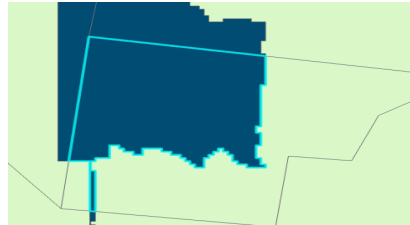
Figur 3.36: Avrenningsfelt til terrengforsenkninger

Siden man er interessert i avrenning fra asfalt og takfalter, velges det å maskere både takflater og bygninger. Dette gjøres slik at man får de impermeable overflatene som gir avrenning til terrengforsenkningene. Bygninger ble maskert ved å bruke FKB-data av bygningene. For å maskere asfalt ble resultatet fra klassifiseringen i delkapittel 3.2.2 reklassifisert til å kun inneholder asfalt, Og ble brukt å maskere asfalt. Avrenningsfeltene basert på asfalt og tak, ble satt sammen siden man er interessert i arealet fra begge impermeable overflater.

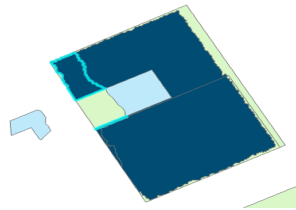
Det neste steget var å koble avrenningsfeltene til tilhørende tomt. Ved denne koblingen var det viktig å ta hensyn:

1. Hvis tomten inneholdt avrenningsfelt, men tomten ikke hadde en terrengforsenkning, ble ikke denne tomten tilegnet verdi for avrenningsfeltet i henhold til tolkningen av BGF-Oslo.
2. Hvis en tomt hadde et avrenningsfelt og en terrengforsenkning, var det viktig å sjekke at avrenningsfeltet var fra tilhørende terrengforsenkningen.

Figuren 3.37 illustrerer hensynene som må tas. Mørkeblå er avrenningsfelt og lyseblå er terrengforsenkning. I figur 3.37 (a) har tomten et tilhørende avrenningsfelt, men ingen forsenkning. Tomten fikk derfor ingen verdi for avrenningsfeltet. I figur 3.37 (b) er avrenningen på en tomt, men tilhørende terrengforsenkning er utenfor tomten og fikk derfor heller ingen tilleggsverdi.



(a)



(b)


Figur 3.37: Figur (a) viser et avrenningsfelt uten terrengforsenkning. Figur (b) viser et avrenningsfelt uten tilhørende terrengforsenkning.

Arealet av avrenningsfeltene og eiendommene ble ganget med bakkeoppløsningen. Så ble arealet av avrenningsfeltene på tomten vektet med 0,2 og delt på arealet av tomtene.

3.2.7 Delfaktor: «Dam med permanent vannspeil»

I denne delen vil muligheter for å finne «Vannspeil» undersøkes ved bruk av fjernmålte data.

3.2.7.1 Avgrensninger: «Dam med permanent vannspeil»

	DAM MED PERMANENT VANNspeIL	Dette er dammer, med eller uten vegetasjon, der overvann fordrøyes. Permanent betyr at det skal være vannspeil mer enn halve året, og dette forutsetter at det etterfylles med magasinert overvann ved behov. Minstedybde er 20 cm.	0	2	0,00
---	------------------------------------	---	---	---	------

Figur 3.38: Delfaktor: «Dam med permanent vannspeil»

For delfaktoren «Dam med permanent vannspeil» vil det ikke bli tatt hensyn til dybden på vannspeilet, men kun om det er et permanent vannspeil.

3.2.7.2 Datasettet for «Dam med permanent vannspeil»

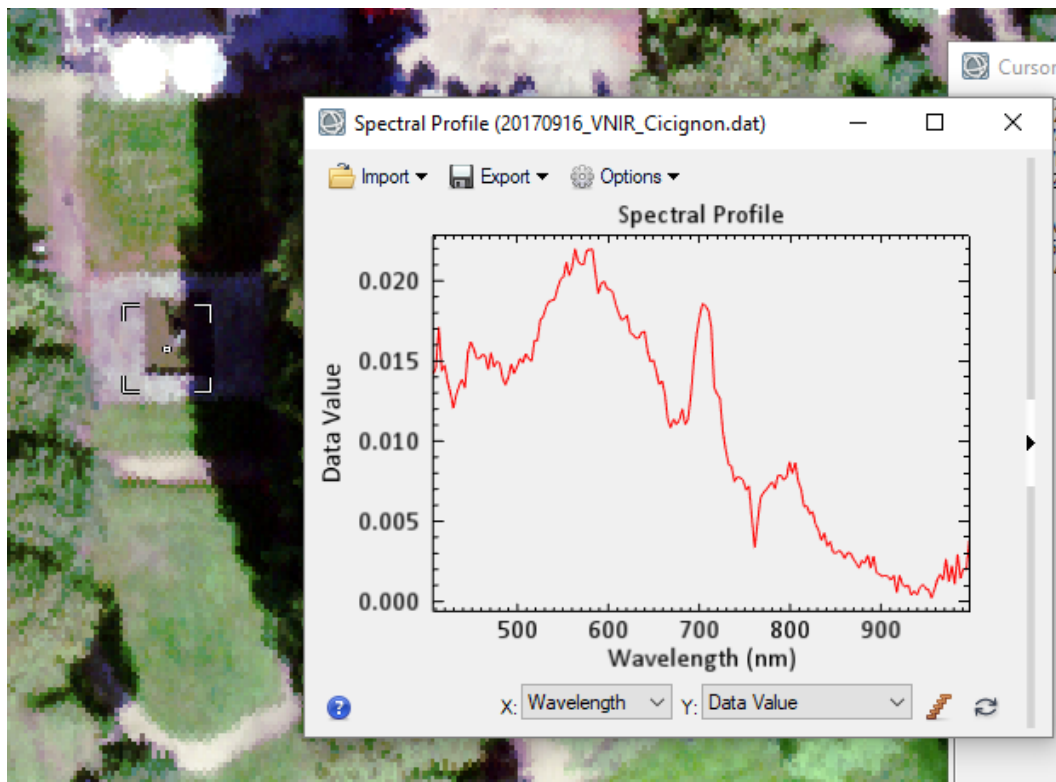
For vannspeil er man interessert i større arealer av vannsamlinger. Analysen vil være radiometrisk fordi vann kan skilles ut med hyperspektrale datasett. Siden vann har mest refleksjon i det synlig lys og NIR området benyttes VNIR datasettet. Figuren 3.39 viser bildet av VNIR datasettet.



Figur 3.39: VNIR datasett

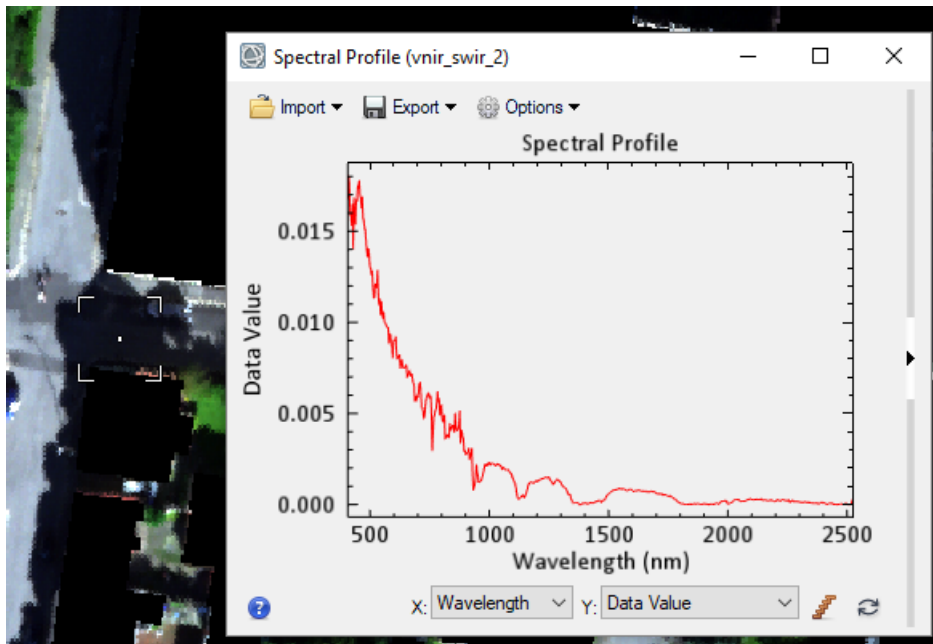
3.2.7.3 Metode: «Dam med permanent vannspeil»

I prosjektområdet var det kun et vannspeil. Figur 3.40 viser spektralprofilen til vannspeilet.

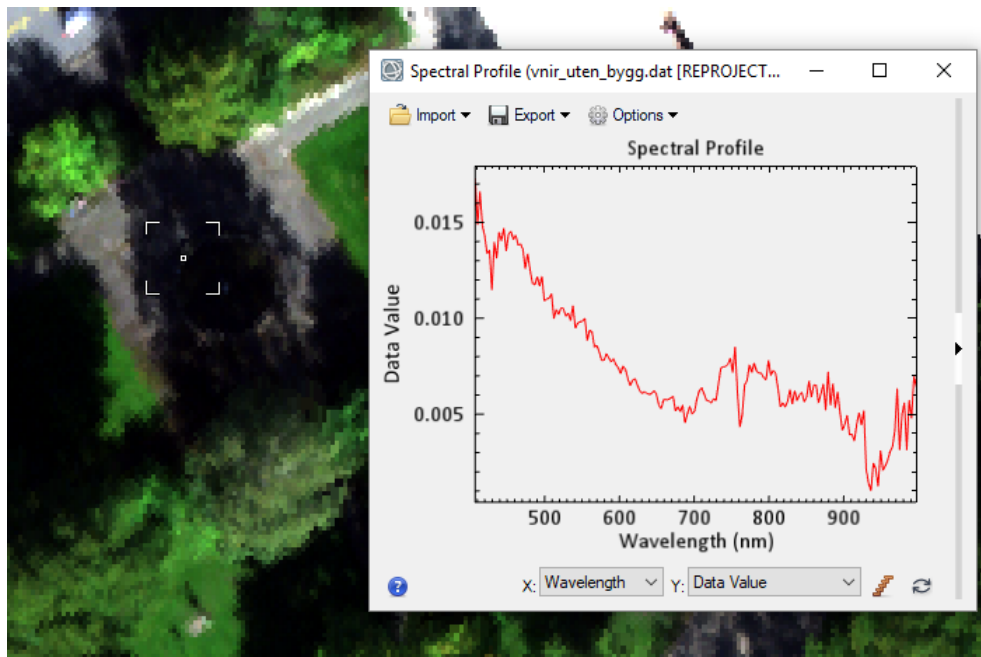


Figur 3.40: Spektralsignatur for vannspeil

I analysen ble det benyttet VNIR bildet hvor bygninger var maskert. Dette ble gjort fordi at mørke tak og skyggeområder kan feilklassifiseres som vann. Det ble benyttet NDWI på det maskerte bildet. Bølgelengdene som ble brukt til NDWI var 563 nm for den grønne delen av spekteret, og 834nm i NIR-delen av spekteret. NDWI indeksen var følsom for skyggeområder på asfalt/grus hvor det generelt var svakt signal. Skyggeområder var områder der NDWI indeksen tror det er vann, på grunn av lignende spektralsignatur. På bakgrunn av dette ble det valgt å maskere ut skyggeområder på asfalt og grus. Figur 3.41 og 3.42 viser spektralsignatur i skyggeområder.



Figur 3.41: Spektralsignatur i et skyggeområdet.



Figur 3.42: Spektralsignatur i et skyggeområdet.

Arealet av vannspeilet og eiendommene ble ganget med bakkeoppløsningen. Så ble arealet av vannspeilet på tomten vektet med 2 og delt på arealet av tomtene.

KAPITTEL 4

Resultater

I dette kapitlet vil resultatene presenteres. Resultatene tar utgangspunkt i de ulike metodene som er beskrevet i «Kap. 3 Materialer og metode». Resultatene fremvises med samme struktur som i metodedelen. Delkapitlene videre er et produkt av funnene i «Kap. 3 Materialer og metode»

For å kunne validere resultatene ble resultatene fra hyperspektrale data og laserdata, sammenlignet med «BGF fasit verdi» for 5 tilfeldige tomter. Standardavviket for tomtene samt standardavvik for delfaktorene blir også beregnet.

4.1 Delfaktor: «Eksisterende trær»

Delfaktoren «Eksisterende trær» ble funnet med metoden i delkapittel 3.2.1. I figur 4.1 representerer de grønne sirklene trestammer, og de avgrensede områdene representerer tomter. Det er mange trestammer som ikke er på en tomt, og disse trestammene vil da ikke få tilegnet noen verdi.



Figur 4.1: Resultat: «Eksisterende trær»

4.2 Delfaktor: «Delvis åpne flater»

I metoden delvis åpne flater i kapittel 3.2.2 ble det benyttet support vector machine som klassifiseringsalgoritme, med forskjellige penalty parametere. Siden de forskjellige penalty parameterne på 10, 50 og 100 ga nærmest lik nøyaktighet, ble det tilfeldig valgt å benytte penalty parameter 50. Figur 4.2 viser forvirringsmatrisen for penalty parameter 50. Nøyaktigheten for asfalt og grus ble da 99.94% og 99.54%.

		PREDIKTERTE VERDIER:			SUM
		Uklassifisert	Asfalt	Grus	
SANNE VERDIER:	Uklassifisert	0	0	0	0
	Asfalt	0	12107	7	12114
	Grus	13	46	12808	12867
	SUM	13	12153	12815	24981
		Uklassifisert	Asfalt	permeabelt	
Nøyaktighet		0	99.942216	99.541463	

Figur 4.2: Forvirringsmatrise for grus og asfalt

Figur 4.3 viser arealer av grus funnet ved bruk av klassifiseringsalgoritmen, og tomter.



Figur 4.3: Resultat: «Delvis åpne flater»

4.3 Delfaktor: «Busker» og «Grønt terreng»

Figurene 4.4 og 4.5 viser grøntarealer funnet i kapittel 3.2.2. Figur 4.4 viser grøntarealer for delfaktoren «Busker» Og figur 4.5 viser grøntarealer for delfaktoren «Grønt terreng».



Figur 4.4: Resultatet: «Busker»



Figur 4.5: Resultat: «Grønt terreng»

4.4 «Grønne tak»

Figur 4.6 illustrerer grøntarealer på tak funnet ved å benytte metoden i kapittel 3.2.4 og tomter.



Figur 4.6: Resultat: « Grønnetak »

4.5 «Terrengforsenkning»

Figur 4.7 viser oversikt av terrengforsenkninger med minstedybde på 20cm, funnet med metoden i kapittel 3.2.5, og tomter.



Figur 4.7: Resultat: «Terrengforsenkning»

4.6 «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»

Figur 4.8 viser avrenningsfelt fra asfalt og bygninger funnet ved bruk av metoden i kapittel 3.2.6, og tomter.



Figur 4.8: Resultat : «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»

4.7 «Vannspeil»

Figur 4.9 viser vannspeilet med tomter. Vannspeilet er funnet ved å bruke metoden i kapittel 3.2.6. I henhold til Oslo-BGF skal delfaktoren være på en tomt for å få poeng. Resultatbildet viser at vannspeilet ikke er på en tomt.



Figur 4.9: Spektralsignatur i et skyggeområdet.

4.8 BGF fjermålingsresultat

Verdiene av de nevnte delfaktorene i kapittel 4.1-4.7 ble summert for hver tomt, og det ble beregnet en total BGF for hver eiendom. Figur 4.10 illustrerer total BGF for hver tomt i prosjektområdet. Den totale BGF er fordelt på 5 klasser med tilhørende farge.



Figur 4.10: Oversikt av total BGF for hver tomt

4.9 Validering

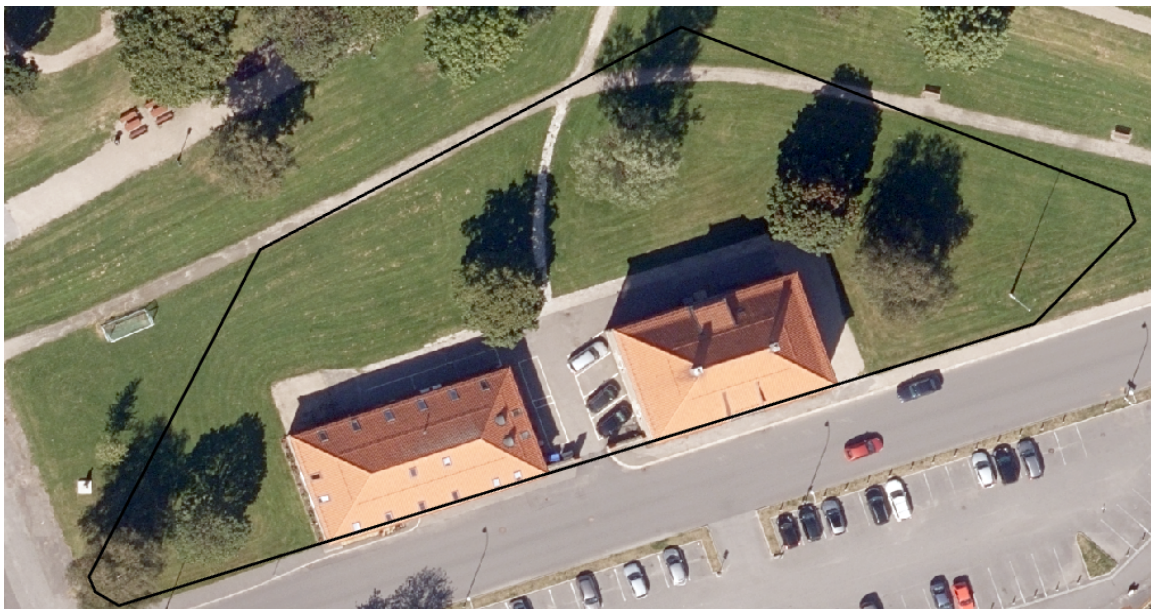
Valideringen ble utført med eiendomsgrenser fra matrikkel, ortofoto og Google Earth. Det ble valgt å gjøre dette digitalt fordi det er vanskelig å vite hvor grensene til eiendommene er ute i felt. For å kunne beregne BGF manuelt, fremover kalt «BGF-manuell måling», ble det utført feltarbeid i Fredrikstad. Feltarbeidet gikk ut på å måle diameter på trestammer, siden dette var det eneste som ikke bestemmes ut fra ortofoto og Google Earth.

4.9.1 Tomt 61

Tomt 61 ble valgt for å sammenligne BGF fra fjernmåling med BGF målt manuelt.

4.9.1.1 Tomt 61 resultat: Fjernmåling

Figur 4.11 viser eiendomsgrensene til tomt 61.



Figur 4.11: Ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 61.

Figur 4.12 viser resultater fra fjernmåling for de forskjellige delfaktorene for tomt 61:

Tomt 61	Antall trær	Areal(m ²)	Areal tomt(m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Store trær	6		3698.5	25	0.04
Små trær	0		3698.5	12.5	0.00
Busker	0	5.58	3728.25	0.4	0.00
Grønt terreng	0	2530.53	3729.06	1	0.68
Grønt tak	0	0.72	3728.25	0.4	0.00
Delvis åpne flater	0	119.25	3723.21	0.3	0.01
Tetteflater med avrenning	0	0	3698.5	0.2	0.00
				SUM BGF-verdi	0.73

Figur 4.12: Delfaktorer bestemt ved bruk av fjernmåling for tomt 61.

4.9.1.2 Tomt 61 resultat: BGF- Manuell måling

Det ble manuelt tegnet inn polygoner til de forskjellige delfaktorene som var synlig i bildet. Siden trestammen til trærne ble målt i felt, ble det valgt å ikke tegne inn trærne, men der man ser det er gress under trær ble det valgt å tegne inn dette. De forskjellige fargene på polygonene representerer: Grønt for gress, lysegrønn for busker og grå for grus.



Figur 4.13: Polygoner tegnet inn på tomt 61.

Figur 4.14 viser resultatet av den manuelle målingen:

Tomt 61	Antall trær	Areal (m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Grønt terreng	0	2358	1	0.64
Delvis åpne flater	0	461	0.3	0.04
Store trær	6	0	25	0.04
Små trær	0	0	12.5	0.00
Busker	0	10	0.4	0.00
Tomt 61		3698.5	0	
			SUM BGF	0.72

Figur 4.14: Verdier målt inn for forskjellige delfaktorene på tomt 61.

BGF resultatet fra fjernmåling ble 0,73 for tomt 61, mens for den manuelle målingen ble resultatet 0,72.

4.9.2 Tomt 63

Tomt 63 ble valgt for å validere verdier fra fjernmåling med manuell måling.

4.9.2.1 Tomt 63 resultat: Fjernmåling

Figur 4.15 viser ortofoto med eiendomsgrenser til tomt 63.



Figur 4.15: Ortofoto av tomt 63 med eiendomsgrenser.

Figur 4.16 viser delfaktorer bestemt med fjernmåling for tomt 63:

Tomt 63	Antall trær	Areal(m ²)	Areal tomt(m ²)	Delfaktor vekt	BGF- verdi
Store trær	0	0	339.3	25	0.00
Små trær	0	0	339.3	12.5	0.00
Busker	0	43.41	349.11	0.4	0.05
Grønt terreng	0	37.98	349.83	1	0.11
Grønt tak	0	5.57	349.11	0.4	0.01
Delvis åpne flater	0	0.45	349.74	0.3	0.00
Tetteflater med avrenning	0	0	339.3	0.2	0.00
				SUM BGF-verdi	0.17

Figur 4.16: Verdier for delfaktorer bestemt med fjernmåling for tomt 63.

4.9.2.2 Tomt 63 resultat: BGF- Manuell måling

Figur 4.17 viser polygoner tegnet inn for del faktorer på tomt 66. De forskjellige fargene på polygonene representerer; Grønt for gress og lysegrønn for busker.



Figur 4.17: Polygoner for del faktorer på tomt 63.

Figur 4.18 viser verdier beregnet for de forskjellige del faktorene for tomt 63 med manuell måling.

Tomt 63	Antall trær	Areal (m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Grønt terreng	0	57.85	1	0.17
Delvis åpne flater	0	0	0.3	0.00
Store trær	0	0	25	0.00
Små trær	0	0	12.5	0.00
Busker	0	39.6437	0.4	0.05
Tomt 63		339.3	0	
			SUM BGF	0.22

Figur 4.18: Verdier for defalkatorer bestemt med manuell måling for tomt 63.

BGF resultatet fra fjernmåling ble 0,17 for tomt 63, mens for den manuelle målingen ble resultatet 0,22.

4.9.3 Tomt 66

Tomt 66 ble valgt til å validere verdier fra fjernmåling med manuell måling.

4.9.3.1 Tomt 66 resultat: Fjernmåling

Figur 4.19 viser ortofoto med eiendomsgrenser til tomt 66.



Figur 4.19: Ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 66.

Figur 4.20 viser de forskjellige delfaktorer bestemt ved bruk av fjernmåling for tomt 66:

Tomt 66	Antall trær	Areal(m ²)	Areal tomt(m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Store trær	0	0	718.8	25	0.00
Små trær	2	0	718.8	12.5	0.03
Busker	0	83.61	732.51	0.4	0.05
Grønt terreng	0	416.7	736.29	1	0.57
Grønt tak	0	16.65	732.51	0.4	0.01
Delvis åpne flater	0	5.31	735.66	0.3	0.00
Tetteflater med avrenning	0	0	718.8	0.2	0.00
				SUM BGF-verdi	0.66

Figur 4.20: Verdier for delfaktorer på tomt 66, bestemt med fjernmåling.

4.9.3.2 Tomt 66 resultat: Manuell måling

Figur 4.21 viser polygoner tegnet inn for delfaktorer for tomt 66. Fargene på polygonene representerer forskjellige delfaktorer; Grønt er grønt terreng og lyse grønn er busker.



Figur 4.21: Polygoner for delfaktorer på tomt 66.

Figur 4.22 viser verdier beregnet for de forskjellige delfaktorene.

Tomt 66	Antall trær	Areal (m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Grønt terreng	0	400.63209	1	0.56
Delvis åpne flater	0	12.7	0.3	0.01
Store trær	0	0	25	0.00
Små trær	2	0	12.5	0.03
Busker	0	74.13	0.4	0.04
Tomt 66		718.8	0	
			SUM BGF	0.64

Figur 4.22: Verdier for delfaktorer ved manuell måling for tomt 66.

BGF resultatet fra fjernmåling ble 0,66 for tomt 66, mens for den manuelle målingen ble resultatet 0,64.

4.9.4 Tomt 106

Tomt 106 ble valgt for å validere verdier fra fjernmåling med manuell måling.

4.9.4.1 Tomt 106 resultat: Fjernmåling

Figur 4.23 viser ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 106.



Figur 4.23: Ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 106.

Figur 4.24 viser delfaktorer bestemt ved bruk av fjernmåling for tomt 106.

106	Antall trær	Areal(m ²)	Areal tomt(m ²)	Delfaktor vekt	BGF-verdi
Store trær	0	0	400.9	25	0.00
Små trær	1	0	400.9	12.5	0.03
Busker	0	26.73	416.79	0.4	0.03
Grønt terreng	0	126.18	414	1	0.30
Grønt tak	0	23.31	416.79	0.4	0.02
Delvis åpne flater	0	9.18	349.74	0.3	0.01
Tetteflater med avrenning	0	0	400.9	0.2	0.00
				SUM BGF-verdi	0.39

Figur 4.24: Verdier for delfaktorer bestemt med fjernmåling for tomt 106.

4.9.4.2 Tomt 106 resultat: Manuell måling

Figur 4.25 viser polygoner tegnet inn for delfaktorene på tomt 106. De forskjellige fargene på polygonene representerer; Grønt for grønt terreng og lysegrønn for busker.



Figur 4.25: Polygoner av delfaktorer på tomt 106.

Figur 4.26 viser verdier beregnet for de forskjellige delfaktorene manuelt målt for tomt 106.

Tomt 106	Antall trær	Areal (m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Grønt terreng	0	110.13	1	0.27
Delvis åpne flater	0	0	0.3	0.00
Store trær	0	0	25	0.00
Små trær	1	0	12.5	0.03
Busker	0	19.717	0.4	0.02
Tomt 61		400.9	0	
			SUM BGF	0.33

Figur 4.26: Verdier for delfaktorer bestemt ved manuel måling for tomt 106.

BGF resultatet fra fjernmåling ble 0,39 for tomt 106, mens for den manuelle målingen ble resultatet 0,33.

4.9.5 Tomt 138

Tomt 138 ble valgt for å validere resultatet fra fjernmåling med manuell måling.

4.9.5.1 Tomt 138 resultat: Fjernmåling

Figur 4.27 viser ortofoto med eiendomsgrenser for tomt 138.



Figur 4.27: Ortofoto av eiendomsgrenser for tomt 138.

Figur 4.28 viser verdier bestemt fra fjernmåling for hver av delfaktorene:

Tomt 138	Antall trær	Areal(m ²)	Areal tomt(m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Store trær	3	0	1113.9	25	0.07
Små trær	2	0	1113.9	12.5	0.02
Busker	0	74.52	1126.35	0.4	0.03
Grønt terreng	0	648.27	1121.31	1	0.58
Grønt tak	0	0.9	1126.35	0.4	0.00
Delvis åpne flater	0	17.64	1131.66	0.3	0.00
Tetteflater med avrenning	0	0	1113.9	0.2	0.00
				SUM BGF-verdi	0.70

Figur 4.28: Verdier for delfaktorer bestemt ved bruk av fjernmåling for tomt 138.

4.9.5.2 Tomt 138 resultat: Manuell måling

Figur 4.29 viser polygoner tegnet inn på ortofotoet av tomt 138. Farge klassene på polygonene representerer de forskjellige delfaktorene. Mørkegrønn for grønt terreng, lyse grønn for busker og grå for delvis åpne flater.



Figur 4.29: Polygoner på tomt 138.

Figure 4.30 viser verdiene målt inn for de forskjellige delfaktorene .

Tomt 138	Antall trær	Areal (m ²)	Delfaktor vekt	BGF verdi
Grønt terreng	0	481.677	1	0.43
Delvis åpne flater	0	155.73	0.3	0.04
Store trær	3	0	25	0.07
Små trær	2	0	12.5	0.02
Busker	0	78.04	0.4	0.03
Tomt 138		1113.9	0	
			SUM BGF	0.59

Figur 4.30: Verdier av delfaktorer bestemt med manuell måling for tomt 138.

BGF resultatet fra fjernmåling ble 0,70 for tomt 138, mens for den manuelle målingen ble resultatet 0,59.

4.9.5.3 Evaluering av resultat

Standardavvik for tomtene i valideringen:

Tomt	Fjernmåling	Manuell måling	Forskjell
61	0.73	0.72	0.01
63	0.17	0.22	-0.05
66	0.66	0.64	0.02
106	0.39	0.33	0.06
138	0.7	0.59	0.11
		Standardavvik	0.07

Figur 4.31: Standardavvik for tomtene i valideringen

Standardavvik beregnet for små og store trær:

	Fjernmåling	Manuell	Forskjell
Tomt 61	0.04	0.04	0
Tomt 63	0	0	0
Tomt 66	0.03	0.03	0
Tomt 106	0.03	0.03	0
Tomt 138	0.09	0.09	0
		SUM	0
		Standardavvik	0

Figur 4.32: Standardavvik beregnet for små og store trær

Standardavvik beregnet for grønt terreng:

	Fjernmåling	Manuell	Forskjell
Tomt 61	0.68	0.64	0.04
Tomt 63	0.11	0.17	-0.06
Tomt 66	0.57	0.56	0.01
Tomt 106	0.3	0.27	0.03
Tomt 138	0.58	0.43	0.15
		Standardavvik	0.08

Figur 4.33: Standardavvik beregnet for grønt terreng

Standardavvik beregnet for delvis åpne flater:

	Fjernmåling	Manuell	Forskjell
Tomt 61	0.01	0.04	-0.03
Tomt 63	0	0	0
Tomt 66	0	0.01	-0.01
Tomt 106	0.01	0	0.01
Tomt 138	0	0.04	-0.04
		Standardavvik	0.03

Figur 4.34: Standardavvik beregnet for delvis åpne flater

Standardavvik beregnet for busker:

	Fjernmåling	Manuell	Forskjell
Tomt 61	0	0	0
Tomt 63	0.05	0.05	0
Tomt 66	0.05	0.04	0.01
Tomt 106	0.03	0.02	0.01
Tomt 138	0.03	0.03	0
		Standardavvik	0.01

Figur 4.35: Standardavvik beregnet for Busker

Standardavvik beregnet for grønne tak:

	Fjernmåling	Manuell	Forskjell
Tomt 61	0	0	0
Tomt 63	0.01	0	0.01
Tomt 66	0.01	0	0.01
Tomt 106	0.02	0	0.02
Tomt 138	0	0	0
		Standardavvik	0.01

Figur 4.36: Standardavvik beregnet for grønne tak

KAPITTEL 5

Diskusjon

I dette kapitlet vil det diskuteres svakheter ved å benytte BGF-Oslo som er ment for planleggingsfasen, i byggesaker for eksisterende tomter. I tillegg vil de ulike metodene som ble benyttet til å bestemme en totalt BGF for hver tomt i eksisterende bymiljø diskuteres. Diskusjonsdelen har samme struktur som «Kap 4. Resultater».

I dette kapitlet vil det diskuteres svakheter ved å benytte BGF-Oslo som er ment for planleggingsfasen, i byggesaker for eksisterende tomter. I tillegg vil de ulike metodene som ble benyttet til å bestemme en totalt BGF for hver tomt i eksisterende bymiljø diskuteres. Diskusjons delen har samme struktur som «Kap 4. Resultater».

Diskusjons delen

5.1 «Eksisterende trær»

For å segmentere trekroner ble det benyttet laserdata. Eksisterende trær får tilegnet verdi på bakgrunn av treets stammediameter 1.3m over bakken. Stammediameteren ble valgt til å angis ved 1.3m, istedenfor 1m slik BGF-Oslo veilederen sier. Dette er fordi det er vanlig å måle stammediameter ved brysthøyde (1,3m) innenfor skogbruk. Stammen må være innenfor eiendomsgrensen. Stammediameter beregnes som nevnt i kap 3.2.1, ved å bruke forholdet mellom diameter på trekronen og høyden på treet. Videre er det igjen verdt å nevne at kun vegetasjon over 3m anses som trær. Flere busker kan ha blitt feilklassifisert som trær, noe som fører til at tomten vektlegges mer enn burde. Dette er fordi trær vektlegges mer enn busker. Det oppstår usikkerheter når man anvender fjernmåling for å estimere trestamme diameter.

Diameter på trestammen har vist seg å være problematisk å undersøke. Problemer oppstår når trekroner overlapper hverandre, siden man ikke kan si med sikkerhet om det er et tre eller flere trær man studerer. Dette betyr at et tre kan få flere stammer. Som igjen fører til at man kan under- og overestimere antall trær på tomten.

Videre har det blitt brukt data fra feltarbeid utført i et annet prosjekt som grunnlag for treningsdata. Dette øker usikkerheten da det kan oppstå menneskelig feil. Stammediameter målt 1,3m over bakken benyttes i denne oppgaven, men man kan ikke med sikkerhet si at dette stemte for alle trærne. Fordi dataene var fra en sekundær kilde. En annen feilkilde er at datasettet manuelt ble gjennomgått for å fjerne objekter som ikke var trær. Menneskeligsvikt kan ha ført til at noen objekter ble oversett.

En feilkilde for treningsdataene er at diameter på trekronen ble manuelt målt fra ortofoto og segmenterte trekroner, så det er ikke gitt at denne målingen er nøyaktig. En feilkilde for

både treningsdataene og Fredrikstad dataene er høyden på treet som bestemmes er høyeste lasertreff innenfor arealet til trekronen. Da det ikke er gitt at man virkelig treffer høyeste punkt. En feilkilde for dataene fra Fredrikstad er at det ble det laget en sirkel av trekronen for estimering av trestamme diameter. Trær ikke er formet som sirkler og antagelsen påvirker regresjonslinjen. De nevnte feilkildene påvirker estimeringen av stammediameter.

Regresjonslinjen var et resultat av treningsdataene. Eget valg av terskelverdi på 0.4m for trestammen har ført til at det ble brukt 24 av 80 samples til å produsere regresjonslinjen. På den ene siden fikk man en bedre estimering ved å bruke 24 samples, men på den andre siden kan man ikke si at 24 samples resulterer i en «god» regresjonslinje. For å få en god regresjonslinje er det viktig med mange samples.

I tillegg til at det er usikkerheter knyttet til estimeringen av stammediameter, er det nødvendig med feltarbeid for å lage en regresjonslinje. Om det blir krav å kartlegge BGF-verdier i eksisterende bymiljø, burde det lages en BGF veileder hvor man ser på arealet av trekronen istedenfor stammediameter. Ved bruke arealet av trekronen istedenfor stammediameter fjernes behovet for feltarbeid. En utfordring ved å benytte stammediameter vises i figur 5.1. I eksempelet vil ikke fire trær tilegnes BGF-verdi for tomten de dekker, selv om deler av trekrona er på tomten. For eksisterende tomter kan det derfor være lurt å vekte de delene av trekrona som er på tomten.

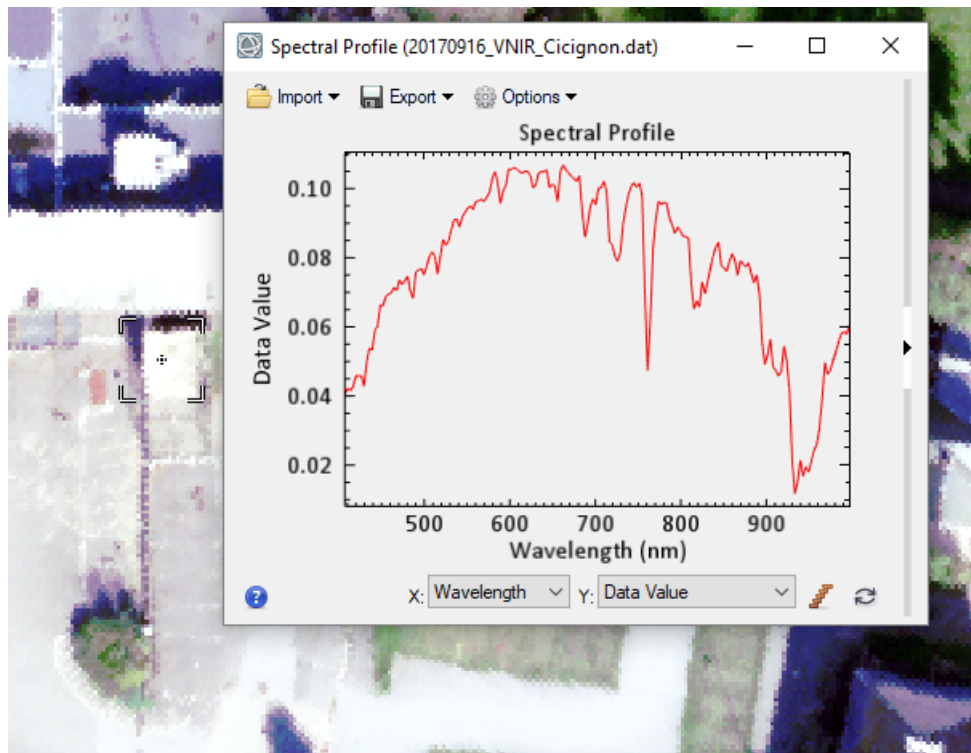


Figur 5.1: Eksempel på trekroner som henger over en tomt

5.2 «Delvis åpne flater»

For metoden «Delfaktor: Delvis åpne flater» i kapittel 3.2.2 ble det benyttet både VNIR og SWIR datasett. I metoden ble det valgt å kun skille mellom grus og asfalt. En feilkilde med den valgte metoden er at det er flere materialer enn kun grus og asfalt i et bymiljø. Ved å kun velge to klasser er det flere materialer som blir uklassifisert og feilklassifisert. Dette valget ble tatt fordi det var lite sample data for andre materialer som var synlig i Google Earth eller ortofoto. En annen feilkilde er at det ikke ble utført feltarbeid. Det burde blitt utført feltarbeid slik at man visste hvilke materialer som var i prosjektområdet. Det er godt mulig at det var store mengder av andre materialer som ikke kunne kartlegges fra bilder og Google Earth.

Et materiale som var av interesse å få skilt ut var betong. I prosjektområdet var det begrensede områder med betong, i tillegg har betong svakt signal. Det at det er begrensede områder med betong fører til at det ikke er nok treningsdata for at klassifiseringsalgoritmen klarer å klassifisere områder med betong. Lavt signal og begrenset treningsdata gjorde at det var vanskelig å skille materialet fra asfalt og grus. Figur 5.2 viser det eneste området med større arealer av betong i prosjektområdet. At man ikke fikk skilt ut betong, fører til at denne klassen kan ha blitt feilklassifisert som enten grus, betong eller uklassifisert.



Figur 5.2: Viser betong i prosjektområdet og spektralprofilen.

I oppgaven er at det antatt at områder under trekronen var gress, dette er en usikkerhet da man ikke vet hvor ofte denne antagelsen stemmer. Det er mulig at det er grus/asfalt eller andre materialer under trekronen på tomtene.

Nøyaktigheten som ble beregnet til grus og asfalt var høy. Grunnen til dette er som nevnt tidligere, at det ikke ble valgt å skille på flere materialer enn grus og asfalt. En annen feilkilde kan være at det ble valgt for lite piksler til både treningsdata og validering. I tillegg er det usikkerheter i de valgte pikslene. Dette er fordi man ikke med sikkerhet kan si at de valgte pikslene representerte klassene grus og asfalt, uten feltarbeid. Men på feltarbeid gjort for valideringen i kapittel 4.9 viste det seg at disse materialene var dominerende i prosjektområdet. Og det det å skille mellom to klasser representerte prosjektområdet tilstrekkelig. Det ble også merket at det var områder med grus mellom steinplater. I henhold til BGF-Oslo er slike områder delvis åpne flater. At dette ikke ble kartlagt fører til underestimering av delfaktoren.

En annen feilkilde var skyggeområder. Det var svært vanskelig å skille mellom grus og asfalt i skyggeområder. Dette er fordi materialene har svakt signal og lignende spektralsignatur i skyggeområder. I klassifiseringen ble det valgt å se bort fra skyggeområder, det ble derfor ikke valgt valideringspiksler i skyggeområder. Klassifiseringsalgoritmen som ble brukt setter alle pikslene i en av de to klassene eller i den uklassifiserte klassen. Dette kan føre til under- og overestimering av begge klassene i skyggeområder. Derfor er det som nevnt tidligere lurt å teste algoritmer for skyggekorreksjon. På denne måten hadde det kanskje vært mulig å se hvilke materialer som var i skyggeområder.

5.3 «Busker» og «Grønt terreng»

Busker og grønt terreng ble funnet ved hjelp av metoden i kapittel 3.2.3 ved å benytte en NDSM- og NDVI modell.

Terskelverdien som velges for NDSM-modellen for busker er viktig. Ved å sette verdien for lav kan mange busker klassifiseres som grønt terreng, og ved å sette den for høy kan man få med trær. En usikkerhet med funn av busker var at bunnen av trekrone ble klassifisert som busker. For å fjerne disse delene av trekrone ble det som nevnt tidligere, lagd buffer av trekrone radiusen. Fordi bufferen som velges til å fjerne trekrone for busker er sirkler, fører det til at man ikke får fjernet alt. Dette fører til en overestimering av delfaktoren busker. Ellers viste terskelen som ble valgt under 3 meter og over 0,3m, å være et godt skille mellom busker og trær, men samtidig får man noen feilklassifiseringer.

Skille på 0.3 for grønt terreng viste seg å være et godt valgt, men det er mulig at noen busker ble klassifisert som grønt terreng. Dette kan da gi overestimering av BGF-verdi, fordi grønt terreng vektlegges mer enn busker i BGF-Oslo. En annen ting som er verdt å nevne er at det for grønt terreng ble antatt at det var gress under trekronen. Dette stemmer ikke i mange tilfeller og fører til overestimering av grønt terreng på tomtene. Generelt er det vanskelig å sette et konkret skille mellom trær, busker og grønt terreng, da all vegetasjon varierer i høyde.

For begge delfaktorene ble NDVI-verdien valgt til 0,2. For NDVI-modellen er valg av terskelverdi også viktig. Områder i skygge har generelt svakt signal, men noen steder kan områder i skyggen få en «red edge» effekt som fører til at NDVI-indeksen tror dette er vegetasjon. Figure 5.2 illustrer dette.

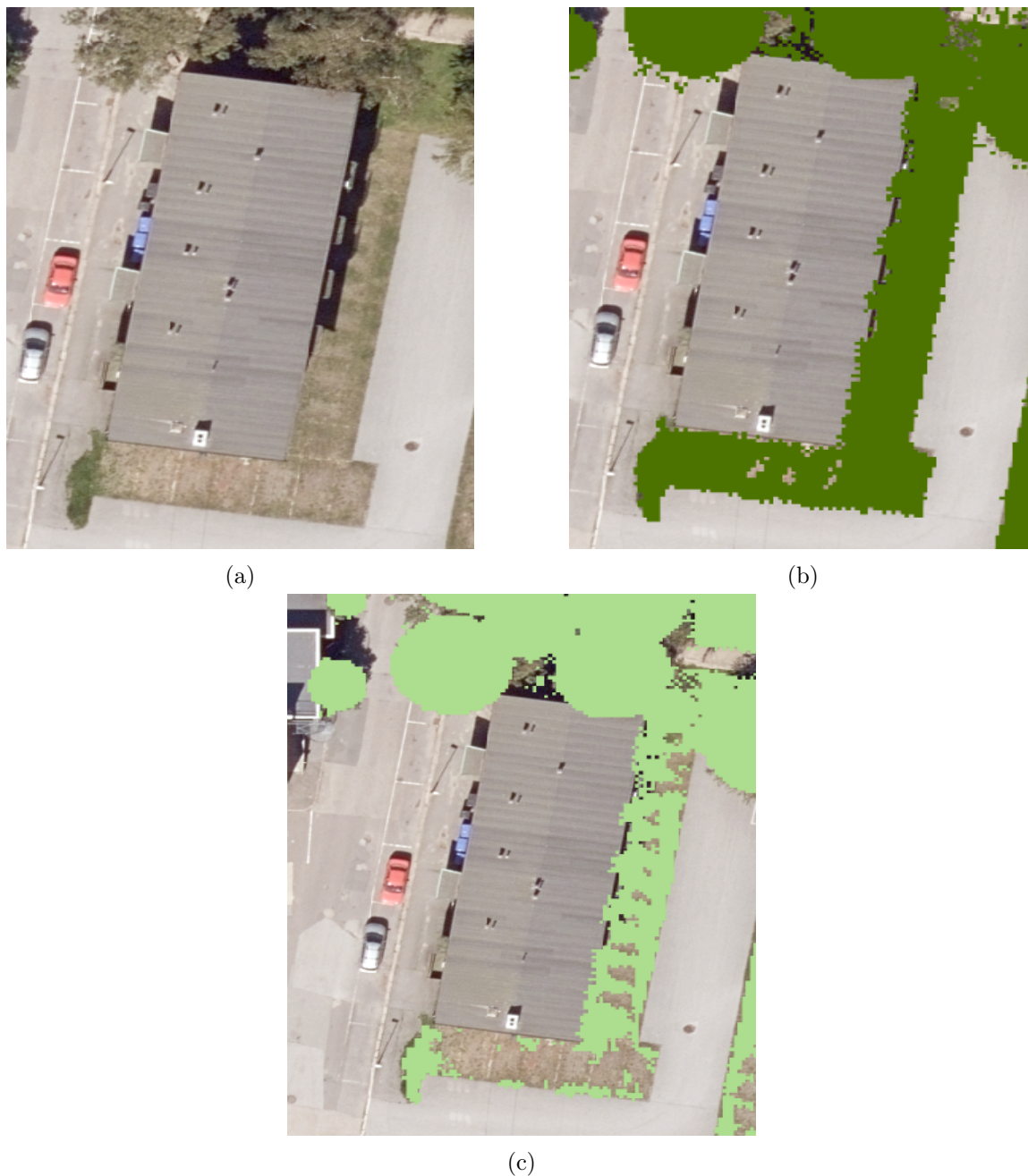


Figur 5.3: «Red edge» kant i skyggeområder, der det er grus.

I denne oppgaven er det valgt å sette terskelverdien for NDVI til 0,2, men det kan være

nødvendig å sette verdien høyere. Problemer ved å sette terskelverdien for høy, er at det fører til at områder som er vegetasjon ikke blir klassifisert som vegetasjon. Dette er fordi klorofyll-nivået i vegetasjon kan minke slik at vegetasjonen får en lavere NDVI-verdi. Figur 5.3 illustrer dette.

Figur 5.3 (a) illustrer et område med vegetasjon som har lavt klorofyllinnhold. I Figur 5.3 (b) er det valgt NDVI-verdi 0.2 og da man får med de fleste områdene med vegetasjon. I figur 5.3 (c) ble NDVI verdien valgt til 0.55, her blir mye av vegetasjon utelatt av indeksen.



Figur 5.4: (a) Valgt område med grønt terreng. (b) NDVI med terskelverdi 0,2. (c) NDVI med terskelverdi 0,55.

Det er derfor svært viktig å tenke nøye gjennom valg av NDVI-verdi, fordi verdien kan gi overestimering eller underestimering av vegetasjon. Selv med disse utfordringene ga terskelverdien på 0.2 gode resultater for delfaktorene grønt terreng og busker. Skygge førte til utfordringer for å skille ut vegetasjon, og i denne oppgaven ble ikke skyggekorreksjon undersøkt på grunn av begrenset tid. Men det kan være lurt å undersøke forskjellige metoder for skyggekorreksjon, slik at man unngår feilklassifiseringer i skyggeområder.

5.4 «Grønne tak»

Grønne tak ble skilt ut ved å benytte VNIR-datasett og NDRE-indeks som nevnt i kapittel 3.2.4. En feilkilde er at områder med skygge ble maskert ut, det er mulig at det var vegetasjon på disse takene, men at dette ikke kunne identifiseres med ortofoto og Google Earth. En annen feilkilde er at all vegetasjon ble vektet med 0,4. Det er mulig at noen tak hadde mindre volum av vegetasjon enn andre. Det at all vegetasjon ble tilegnet samme vekt fører at et tynt lag med vegetasjon tilegnes samme verdi som et tykt lag. Dette kan ha ført til at vegetasjon på tak kan ha blitt overestimert og underestimert noen steder.

En annen feilkilde er at det i metoden ble brukt buffer av kroneradius for å lage trekronen. Bufferne ble brukt til å skille mellom trekroner på tak og vegetasjon på tak. Bufferne fører til usikkerheter fordi trekroner ikke er sirkler, slik det antas i metoden. Dette fører til at noe av trekrona fremdeles ble klassifisert som vegetasjon på tak. Figur 4.5 illustrer dette. Men fordi det i kap 3.2.1 antas at trær er sirkler og denne vegetasjon som ikke er en del av bufferen ikke vektlegges for trær. Velges det å ta med denne feilkilden som vegetasjon på tak. NDRE indeksen viste seg å gi gode resultater for å skille ut vegetasjon på tak.



Figur 5.5: Eksempel av trekrone på et tak.

I tidligere kapitler har utfordringer knyttet til skygge blitt diskutert og skyggekorreksjon er viktig for denne delfaktoren.

5.5 «Terrengforsenkning»

Terrengforsenkninger ble funnet med metoden i kapittel 3.2.5 og ble laget med en DTM-modell. I metoden ble det ikke sett på hvilke materialet forskningene besto av. Dette er en feilkilde i metoden fordi man ikke kan si om terrengforsenkningen består av permeable eller impermeable materialer. I beskrivelsen til BGF-Oslo skal terrengforsenkninger kunne fordrøye overvann. Materialet av terrengforsenkningen ble valgt å se bort på grunn av tidsbegrensninger i oppgaven.

Som nevnt i delkapittelet ble det valgt å se bort fra regnbed og vadi. Dette var fordi det ikke var konkrete beskrivelser som skilte delfaktorene. Delfaktorene skilles på hvor beplantet de er og avrenning hastighet. Det er vanskelig å skille hvor beplantet et område er med fjernmåling. I tillegg finnes det ikke mange metoder som er utviklet for å se på avrenningshastighet med fjernmålte data. Hvis det lages en BGF veileder for fjernmåling, bør regnbed og vadi slås sammen til en delfaktor. Hvor man ser om terrengforsenkningene er beplantede, uten å se på avrenningshastighet.

5.6 «Tette flater med avrenning til terrengforsenkning»

For metoden avrenning fra tette flater i kapittel 3.2.5 ble det benyttet en digital overflatemodell (DOM). I metoden ser man på avrenning fra tette flater som asfalt og tak til terrengforsenkninger. Som nevnt tidligere ble regnbed og vadi sett bort fra. En feilkilde i metoden er at asfalt var det eneste impermeable materialet som ble skilt ut. I tillegg er det usikkerheter i hvordan asfalt ble skilt ut som nevnt i delkapittel 5.2, hvor særlig skyggeområder var vanskelig å klassifisere. Dreneringsalgoritmen som ble brukt var D8. Algoritmen tar utgangspunkt i avrenning fra hver piksel til den bratteste nabopikselen. Fordi vann kan renne i flere retninger er dette en feilkilde. På tross av dette fungerte metoden godt til å finne tette flater med avrenning til terrengforsenkning.

Figur 5.6 viser avrenningsfelt i blått og terrengforsenkninger i rødt. En usikkerhet i denne metoden er beskrivelsen av delfaktoren. Siden man i BGF-Oslo ser på enkelt tomter, ble det tolket at både avrenningsfelt og terrengforsenkning må være på samme tomt. Siden det er mange tomter som inneholder avrenningsfelt fra takflater og asfalt, men som ikke har terrengforsenkning på tomten, tilegnes ikke mange tomter noe tilleggsverdi. Det kan være lurt å spesifisere i BGF-Oslo om det er ment at avrenningsfelt og terrengforsenkning må være på samme tomt. Eller om tomten vektlegges så lenge det er avrenningsfelt der. Hvis det er første nevnte burde BGF-Oslo endres, slik at alle tomter som har avrenningsfelt tilegnes verdi. Selv om avrenningsfeltet da ikke er knyttet til en terrengforsenkning på tomten. Dette er fordi det er vanlig at avrenning fra eiers tomt kan legges til naboens tomt.

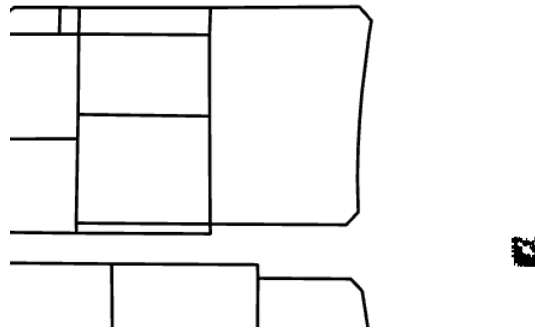


Figur 5.6: Avrenningsfelt og terrengforsenkninger i Fredrikstad.

5.7 «Dam med permanent vannspeil»

I metoden for «Dam med permanent vannspeil» i kapittel 3.2.6 ble det benyttet et VNIR bildet. I metoden ble det nevnt utfordringer skygge på veier som ble klassifisert som vann. Også i vannspeilet som ble funnet var det problemer knyttet til skygge som man kan se i figur 5.7. Vannspeilet var avgrenset av rette kanter, her ser man at indeksen ikke har klart å klassifisere vann i skygge. En annen feilkilde er at det ikke ble sett på høyden til vannspeilet slik man skal i BGF-Oslo.

Hvis metoden for å finne vannspeil skal kunne automatiseres må det utføres skyggekorreksjon, ellers fungerte NDWI som en bra indeks for å skille ut vannspeil.



Figur 5.7: Avrenningsfelt og terrengforsenkninger i Fredrikstad.

5.8 Validering

I del kapittel 5.1-5.7. ble utfordringer med metodene som er benyttet, samt svakheter med å bruke BGF-Oslo for fjernmåling diskutert. I denne delen vil resultatene for fjernmåling og manuell måling vist i kapittel 5.8 diskuteres.

Oppløsningen på resultatbildene for delfaktorene i fjernmåling er forskjellig. Dette kan observeres i kapittel 4.9 «Validering» i fjernmålingsresultatene. Dette er fordi oppløsningen til bildene ble ved et uhell ikke valgt likt for alle bildene. Fordi denne usikkerheten ikke påvirket det totale resultatet ble det valgt å ikke gjøre noe med dette. En usikkerhet i valideringen er at variasjoner i terrenget ikke kan identifiseres i ortofoto og Google Earth. På grunn av dette ble det valgt å ikke se på terrengforsenkninger eller avrenning fra tette flater. Grønne vegger ble heller ikke valgt å se på fordi det ikke er mulig å måle i 3D i Google Earth. Generelt for de manuelle målingene er at det er vanskelig å treffe nøyaktig på pikslene i den manuelle målingen. Dette fører til avvik noen steder mellom fjernmåling og manuell måling.

Fra fjernmåling ble BGF-verdi for tomt 61 bestemt til å være 0,73. Den manuelle målingen ga verdien 0,72. Delvis åpne flater har forskjellige verdier for fjernmåling og manuell måling(Se Figur 4.12 og 4.14). Grunnen til dette er at i Figur 4.11 er det grus mellom steinplatene i stien mot nord. I den manuelle metoden ble det valgt å ta dette med som permeable overflate, fordi BGF-Oslo definerer delfaktoren slik. I fjernmåling ble det ikke sett på stein som et materiale og delfaktoren vektlegges derfor lite tomten. Som nevnt tidligere ble trekroner antatt til å være sirkler. På grunn av dette får man får ikke «fylt» alle områdene under trekronen med grønt terreng. Dette fører til avviket i grønt terreng mellom målingene.

BGF -verdi fra fjernmåling ble 0,17 for tomt 63. Den manuelle målingen ga verdien 0,22 (Se Figur 4.16 og 18). For tomt 63 i fjernmåling har grønt terreng og busker blitt underestimert på grunn av skygge. Selv i den manuelle metoden var det vanskelig å skille mellom gress, busker og asfalt på tomt 63. I fjernmåling vektlegges grønne tak, i bildet er det vanskelig å se hvor dette er. Dette kan være mulig, men det er vanskelig å se i bildet.

For fjernmåling ble BGF-verdi 0,66 for tomt 66. Den manuelle målingen ga verdien 0,64 (Se Figur 4.20 og 4.22). Tomt 66 hadde lite skyggeområder og det var lettere å kartlegge de forskjellige delfaktorene. I den manuelle metoden er det vanskelig å treffe på de nøyaktige pikslene når polygonene tegnes inn. Dette kan forklare avviket mellom de to målingene for grønt terreng og busker. Grønne tak tilegnes verdi for fjernmåling fordi det er vegetasjon på vegger som vokser over på taket. De samme utfordringene for tomt 66 gjelder for tomt 106. BGF-verdi ble for tomt 106 estimert til 0,39. For manuell måling ble verdien 0,33 (Se Figur 4.24 og 4.26).

BGF-verdi for tomt 138 ble med fjernmåling estimert til 0,70 og for den manuelle målingen ble resultatet 0,59 (Se Figur 4.28 og 4.30). Grunnen til avviket er at med fjernmåling overestimeres mengden med grønt terreng i området på grunn av skygge. Skygge er også grunnen til delvis åpne flater på tomten underestimeres.

KAPITTEL 6

Konklusjon

I denne masteroppgaven har det blitt presentert metoder for å estimere delfaktorer med BGF-Oslo. Delfaktorene ble estimert med hyperspektrale data og laserdata, estimerte verdier for delfaktorene ble summert til en BGF-verdi for hver tomt i prosjektområdet.

På bakgrunn av dette arbeidet kan man trekke følgende konklusjoner:

- Hyperspektrale data og laserdata gir unike muligheter for å kartlegge BGF. Standardavvikene beregnet for å evaluere valideringen i delkapittel 4.9.5.2 er lavet, både for tomtene og for delfaktorene. Resultatene som er presentert i denne oppgaven viser store potensialer for å finne BGF-verdier i eksisterende bymiljø med fjernmålte data.
- BGF-Oslo veilederen som er ment på byggesaksnivå viste seg å være anvendelig i denne oppgaven, selv om delfaktorer som regnbed, grønne vegger, vadi og styrke blågrønn struktur ble utelatt. Dette er fordi delfaktorene hadde lite innvirkning på det endelige resultatet. Andre avgrensninger som ble tatt å estimere BGF-verdi med BGF-Oslo står i delkapitlene 3.2.1 -3.2.7. Med små modifikasjoner av BGF-Oslo veilederen kan denne benyttes til å finne BGF med fjernmåling. Hyperspektrale data og laserdata viser potensiale for å automatisere metoden å beregne BGF-verdier for eksisterende bymiljø.
- De hyperspektrale dataene har rik informasjonsmengde og ga gode klassifiseringer, men en utfordring med datasettet var skyggeområder. I områder uten skygge fikk man gode klassifiseringer, men områder med skygge førte til usikkerheter i klassifiseringer. Derfor er metoder for skyggekorreksjon viktig å utforske. Delfaktoren «Eksisterende trær» ser på omkretsen til trestamme diameter og det er usikkerheter knyttet til estimeringen av trestamme diameter. Hvis det skal lages en BGF-veiledning for fjernmåling burde det benyttes areal av trekronen istedenfor stammediameter. På denne måten minimeres behovet for feltarbeid og man slipper usikkerheter ved estimering av trestamme diameter.
- For å finne de geometriske egenskapene som: terrengforsenkninger og avrenningsfelt fra tette flater viste laserdataene seg og gi et godt resultat. For å skille forskjellige materialer som vannspeil, vegetasjon, grus og asfalt ga hyperspektrale data gode resultater.

-
- For å finne busker og grønt terreng ble både hyperspektrale data og laserdata brukt. Kombinasjonen av hyperspektrale data og laserdata viste seg å være viktig for å skille ut både geometriske og radiometriske egenskaper. For eksempel for delfaktoren «Busker» hadde det ikke vært mulig å skille mellom trær og grønt terreng ved å kun bruke hyperspektrale data. Og hvis det kun hadde blitt brukt laserdata kunne man ikke skilt busker fra andre geometrisk lignende objekter, som stolper og biler. Resultatet som ble oppnådd ved å kombinere disse datasettene hadde ikke vært mulig ved å bruke kun et av datasettene.

Bibliografi

- Aggarwal, S. (2004a). *Satellite Remote sensing an GIS application in Agricultural Meteorology*.
- Aggarwal, S. (2004b). *Satellite Remote sensing an GIS application in Agricultural Meteorology*.
- Aleksandra Kazmierczak, J. C. (2010). Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. Hentet fra https://orca.cf.ac.uk/64906/1/Database_Final_no_hyperlinks.pdf
- ArcGIS. (2007). Choosing an appropriate cell size when interpolating raster data. Hentet fra <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/mapping/choosing-an-appropriate-cell-size-when-interpolating-raster-data/>
- ArcGIS. (2016). What is a shapefile? Hentet fra <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>
- Bakker, W. (2005). *Principles of remote sensing*.
- BerlinSenate. (2014). 06.10 Building and Vegetation Heights. Hentet fra https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ed610_03.htm
- Canada, N. R. (2017a). *Fundamentals of remote sensing*.
- Canada, N. R. (2017b). *Fundamentals of remote sensing*.
- CRISP. (2001). What is remote sensing. Hentet fra <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/intro.htm>
- Al-Doski, J. (2013). Image Classification in Remote Sensing. Hentet fra <https://pdfs.semanticscholar.org/f5ed/fbb09d8f12c59017753f67160aa0c5af6588.pdf>
- drones, I. (2017). NDVI. Hentet fra <https://www.integraldrones.com.au/comparing-ndvi-mapping-systems/>
- Earth. (2019). NDWI. Hentet fra <https://eos.com/ndwi/>
- ESA. (2019). Spectral signatures. Hentet fra http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEMPNQ3Z2OF_0.html
- Esri. (2018). How To: Open Laz files in ArcMap. Hentet fra <https://support.esri.com/en/technical-article/000018224>
- Evolution, S. (2018). Plant Health and Measuring the Red Edge. Hentet fra <https://spectralevolution.com/applications/remote-sensing/measuring-vegetation-health-with-the-red-edge/>
- Gandhi, R. (2018). Support Vector Machine!!!FIX ME!!! !!!FIX ME!!!Introduction to Machine Learning Algorithms. Hentet fra <https://towardsdatascience.com/support-vector-machine-introduction-to-machine-learning-algorithms-934a444fca47>
- GIS. (2018). Why use an inertial A Complete Guide to LiDAR: Light Detection and Ranging. Hentet fra <https://gisgeography.com/lidar-light-detection-and-ranging/>
- Govender, M. (2007). A review of hyperspectral remote sensing and its application in vegetation and water resource studies. Hentet fra <https://www.researchgate.net/>

- publication/228781235_A_review_of_hyperspectral_remote_sensing_and_its_application_in_vegetation_and_water_resource_studies
- Harris. (2013). Radiance vs Reflectance. Hentet fra <https://www.harrisgeospatial.com/Support/Self-Help-Tools/Help-Articles/Help-Articles-Detail/ArtMID/10220/ArticleID/19247/3377>
- Harris. (2018a). Support Vector Machine Background. Hentet fra <https://www.harrisgeospatial.com/docs/backgroundsvmgeneral.html>
- Harris. (2018b). Vegetation Analysis: Using Vegetation Indices in ENVI. Hentet fra <https://www.harrisgeospatial.com/Support/Self-Help-Tools/Help-Articles/Help-Articles-Detail/ArtMID/10220/ArticleID/16162/Vegetation-Analysis-Using-Vegetation-Indices-in-ENVI>
- Hiis, J. (2018). Regresjonsanalyse. Hentet fra <https://snl.no/regresjonsanalyse>
- Humboldt. (2018). Vegetation spectral reflectance curves. Hentet fra http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP_216_Online/lesson2-1/vegetation.html
- Hyypä, J. (2001). *A segmentation-Based Method to Retrive Stem Volume Estimates from 3-D Tree Height Models Produced by Laser Scanners.*
- Kerstin Torseke Hulthén, L. B. (2014). Riktlinjer for Grønytefaktor. Hentet fra <http://malmo.se/download/18.3c0b3b6f15965118c0e11028/1491303714911/gr%C3%B6nytefaktordec%2B2014.pdf>
- Knutsen, J. (2017). Stråling og solcellepaneler. Hentet fra <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/astro/AST2000/h17/julies-blogg/Part%203%3A%20Satellite%20Trajectory/Str%C3%A5ling%20og%20solcellepaneler>
- kunskapsbanken - en handbok om plan- och bygglagen, P. (2018). Grønytefaktor for kvartersmark. Hentet fra <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/verktyg/gronytefaktor/kvartersmark/>
- landscape toolbox, T. (2019). NDVI. Hentet fra https://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_methods:normalised_difference_vegetation_index
- Landschaft Planen+Bauen, B. G. M. R. (1990). The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter. Hentet fra https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/landschaftsplanung/bff/download/Auszug_BFF_Gutachten_1990_eng.pdf
- Marcus Borengasser, W. S. H. (2008a). *Hyperspectral remote sensing.*
- Marcus Borengasser, W. S. H. (2008b). *Hyperspectral remote sensing.*
- Menon, A. (2018). Linear regression using least squares. Hentet fra <https://towardsdatascience.com/linear-regression-using-least-squares-a4c3456e8570>
- Meteorologisk-institutt. (2017). Det blir våtere. Hentet fra <https://www.met.no/vaer-og-klima/det-bli-vatere>
- Milesi, D. C. (2014). Remote sensing. Hentet fra <https://www.nasa.gov/content/remote-sensing/>
- Mohammadi, M. (2012). ROAD CLASSIFICATION AND CONDITION DETERMINATION USING HYPERSPECTRAL IMAGERY. Hentet fra https://www.ugpti.org/smartse/research/citations/downloads/Mohammadi-Road_Classification_and_Condition_Hyperspectral-2012.pdf?fbclid=IwAR3PA0Jrn6IPpO0w97Ulg01R3HreMGf9kU72ztIQ
- NASA. (2019). Remote sensors. Hentet fra <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>

- observatory, E. (1999). Remote sensing methods. Hentet fra https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing/remote_08.php
- observing system, E. (2015). NDVI. Hentet fra <https://eos.com/ndvi/>
- og Stephan J.Symons, M. A. (2008). Detection of hard vitreous and starchy kernels in amber durum wheat samples using hyperspectral imaging (GRL Number M306). Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/250964940_Detection_of_hard_vitreous_and_starchy_kernels_in_amber_durum_wheat_samples_using_hyperspectral_imaging_GRL_Number_M306
- Parece, T. E. (2015). Land Use/Land Cover Monitoring and Geospatial Technologies: An Overview. Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/271701716_Land_UseLand_Cover_Monitoring_and_Geospatial_Technologies_An_Overview
- Pedro Ardila, M. d. C. (2014). BLÅGRØNN FAKTOR Veileder byggesak. Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2014/bgf_veileder_byggesakhoveddelen2014.01.28.pdf
- PlanogBygningsetaten. (2018). Brukerveiledning for blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo. Hentet fra <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13298013-1538650342/Innhold/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Bl%C3%A5gr%C3%B8nn%20faktor%20-%20Brukerveiledning%20for%20bl%C3%A5gr%C3%B8nn%20faktor.pdf>
- Richards, J. (2005). *Remote sensing Digital image analysis*.
- SNL. (2019). tremåling - skogbruk. Hentet fra https://snl.no/trem%C3%A5ling_-_skogbruk
- Thompson, L. (2017). Getting Started with Drones in Agriculture. Hentet fra <http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g2296/build/g2296.htm>
- Vosselman, G. (2010). *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*.
- Wim H bakker, W. F. (2009a). *Principles of remote sensing*.
- Wim H bakker, W. F. (2009b). *Principles of remote sensing*.
- Wim H bakker, W. F. (2009c). *Principles of remote sensing*.
- Aarnes, H. (2019). Klorofyll. Hentet fra <https://snl.no/klorofyll>



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway