

Vejsalts tilstedeværelse på vejnære arealer

Sarah Helene Valsgaard Karlson
Afgangsspeciale i Naturgeografi
Aalborg Universitet
Juni 2017



Kilde billede forside: <http://www.mctc.dk/nyheder/hvornaar-er-vejene-fri-for-salt/>

TITELBLAD

Titel: Vejsalts tilstedeværelse omkring vejnære arealer

Projektperiode: 1. februar 2017 – 2. juni 2017

Synopsis:

Udarbejdet af:

Sarah Helene Valsgaard Karlson

Vejleder:

Morten Lauge Pedersen

Diana Agnete Stephansen

Oplagstal: 1

Sideantal: 76 + 23 sider bilag

Bilagsantal og -art: 11 dokumenter

Afsluttet: 2. juni 2017

SYNOPSIS

Denne rapport omhandler vejsalt, hvor der undersøges, om der er en sammenhæng mellem, hvor hurtigt, der køres på vejen og hvor langt ud fra vejen saltet kommer.

Der er udvalgt tre veje hvor der køres 50 km/t, to veje hvor der køres 80 km/t og to veje hvor der køres 130 km/t. På hver lokalitet er der taget jordprøver vinkelret på vejen i overfladen og i en dybde på 20 cm under overfladen. Jordprøverne er herefter analyseret for konduktivitet, for at sige noget om saltindholdet i jorden.

Der ses ikke en tydelig sammenhæng mellem hastigheden, der køres på vejen, og hvor langt væk fra vejen, at saltet kommer.

Forhold, der kan have indflydelse på resultaterne er blevet analyseret. Jordtypen er undersøgt for at se om der er en sammenhæng mellem jordtypen og konduktiviteten, derudover er topografien, prøvetagningstidspunkt, saltningsmetode og salttype undersøgt.

ABSTRACT

This master thesis is about road salt and how it is dispersed from the road. It is investigated whether there is a correlation between the speed on the road and how far away from the road salt comes.

There are selected three types of roads where one is at the speed of 50 km / h, two roads with a speed of 80 km / h and two roads with a speed of 130 km / h. At each site soil samples have been taken perpendicular to the road. Both on the surface and at a depth of 20 cm below the surface. The soil samples are afterwards analyzed for conductivity to say something about the salt content of the soil.

There is no apparent correlation between the speed driven on the road, and how far away from the road the salt is spread.

Relationships that may influence on the results have been analyzed. The soil type has been investigated to see if there is a connection between the soil type and the conductivity, in addition, the topography, sampling time, salting method and salt type.

FORORD

Denne rapport er udarbejdet af Sarah Helene Valsgaard Karlson; Naturgeografistuderende på 10. semester ved Aalborg Universitet i perioden 1. februar 2017 til 2. juni 2017 og svarer til 30 ECTS. Jeg vil gerne takke mine vejledere Morten Lauge Pedersen og Diana Agnete Stephansen for god vejledning. Derudover vil jeg gerne takke Jesper Christensen og Michael Sølgaard fra Niras for samarbejdet.

Jeg vil gerne takke Anette Næslund, Jytte Dencker, Kurt Ravn og Morten Olsen, for hjælp med udstyr i felten og laboratoriet, samt tak for moralsk opbakning igennem de mange timer, jeg har tilbragt i laboratoriet. Derudover vil jeg gerne sige tak for vigtige oplysninger i forhold til saltning, til Lars Poulsen og Michel Eram fra Vejdirektoratet, samt tak til Hisamitsu Takai fra Aarhus Universitet for hjælp med oplysninger om turbulens. Yderligere vil jeg gerne takke Hans Hansen fra Brønderslev Kommune og Niels Christiansen fra Aalborg Kommune, for oplysninger om, hvordan der saltes i de to kommuner.

Harvardreferencesystemet er anvendt til kildehenvendelser, det vil sige, at teksten refererer til kilden ved (Efternavn, år). Litteraturlisten er opstillet efter forfatternavn, årstal, titel og udgivelses sted. Projektet er inddelt i kontinuerte nummererede afsnit (x.y). Alle figurer er nummereret med to variable (x.n), hvor x henviser til kapitlet og n til figurens nummer. Kortene er udarbejdet i Qgis, hvor der er brugt kort fra kortforsyningen.

Når der skrives konduktivitet, menes der den elektriske konduktivitet.

INDHOLD

1 VEJSALT	11
1.2 VEJSALTS EGENSKABER.....	11
1.3 SALTNINGSMETODER	11
1.4 EFFEKTER VED BRUG AF VEJSALT	17
1.5 SALT I JORDEN	18
1.5.1 HVORDAN REAGERER SALT I JORDEN.....	20
1.6 JORDENS KONDUKTIVITET	23
2 HVAD VISER ANDRE STUDIER	25
3 PROBLEMFORMULERING.....	27
4 METODE.....	29
4.1 UDVÆGELSE AF VEJE	29
4.2 LOKALITETSBESKRIVELSE	30
4.2.1 A1, A2 OG A3	30
4.2.2 B1 OG B2:.....	33
4.2.3 C1 OG C2:.....	35
4.3 FELTMETODE:	37
4.4 LABORATORIE METODE.....	38
4.4.1 MÅLING AF KONDUKTIVITET	38
4.4.2 BESTEMMELSE AF JORDTYPE.....	39
4.5 METODE TIL STATISTIK	40
4.6 METODEDISKUSSION	40
4.6.1 FELT:.....	40
4.6.2 LABORATORIE	41
5 RESULTATER.....	43
5.1 KONDUKTIVITET PÅ ALLE LOKALITETER.....	43
5.2 SAMMENHÆNGE MELLEM KONDUKTIVITETEN PÅ DE SYV LOKALITETER.....	47

5.3 KONDUKTIVITET I FORHOLD TIL TOPOGRAFI	51
5.4 KONDUKTIVITET I FORHOLD TIL JORDTYPE	56
5.5 KONDUKTIVITET I FORHOLD TIL PRØVETAGNINGSTIDSPUNKT	60
6 DISKUSSION AF RESULTATER	63
7 KONKLUSION	67
8 PERSPEKTIVERING.....	69
8.1 FORSØGSOPSTILLING TIL UNDERSØGELSE AF SPREDNING AF VEJSALT TIL VEJNÆRE AREALER	71
9 LITTERATURLISTE	73

1 VEJSALT

Der produceres 600.000 tons salt om året i Danmark (Akzo Nobel Salt A/S, ukendt årstal), og der bruges i gennemsnit 300.000 ton vejsalt årligt (Kristiansen et al., 2009), hvilket svarer til 1-2 kg pr m² vej (Clasen et al., 2016). Vejsalt bruges til at bekæmpe glatføre så sikkerheden i trafikken opretholdes. Hvis ikke sne og is fjernes vil der opstå store trafikale problemer. I Danmark er vejsalt den mest udbredte metode til glatførebekæmpelse, hvilket i høj grad skyldes prisen og tilgængeligheden af salt (Pedersen og Ingerslev, 2007).

1.2 VEJSALTS EGENSKABER

Salt har en evne til at nedsætte vands frysepunkt fra 0 grader til minus 8 grader. Teoretisk virker salt ned til minus 15-21 grader, hvis det opløses i vand, men reelt virker det kun ned til minus 8-10 grader. Jo mere salt der er i saltopløsningen, jo mere effektivt er det, og hvis temperaturen bliver lavere end minus 10 grader, skal koncentrationen være så høj, at det ikke kan svare sig at bruge salt til at bekæmpe glatføre på grund af miljøpåvirkningen og økonomien (Carstensen, 2012)

Salt kan smelte mindre mængder sne og is, hvilket er grunden til, at sne først ryddes mekanisk hvorefter saltet smelter det tynde lag af sne, der er tilbage på vejen. Salt bruges også præventivt, hvilket betyder, at der ofte saltes når temperaturen nærmer sig frysepunktet, da saltet kan smelte den frosne nedbør, hvis der falder mindre mængder sne (op til tre centimeter) (Carstensen, 2012). Saltet ligger sig som en saltlage (salt og vand) på vejen, når sne og/eller is smeltes (Randrup og Pedersen, 1999).

Salt er billigt og let tilgængeligt, hvilket er en stor fordel. Derudover er salt effektivt, da det smelter sne og is og derved giver trafikanterne et bedre vejgreb. Salt opløses og føres med vandet i modsætning til grus, der tilstopper kloakerne (Clasen et al., 2016).

1.3 SALTNINGSMETODER

Der findes statsveje, kommuneveje og privatveje (Vejdirektoratet a, ukendt årstal) (figur 1.1), hvilket betyder, at det er forskellige instanser, der har ansvaret for at holde vejene farbare.



Figur 1.1: viser et udklip af vejnettet, hvor det er muligt at se de forskellige ejerforhold (Vejdirektoratet a, ukendt årstal)

På statsvejene er det Vejdirektoratet, der har ansvaret for glatførebekæmpelsen (Vejdirektoratet b, ukendt årstal), på kommunevejene er det kommunen, og på de private veje er det grundejerne, der har ansvaret (Transport- og Bygningsministeriet, 2015). Vejene er opdelt i service-/vejklasser efter, hvor ofte de skal ryddes:

Vejklasser:	Servicemål:
Vejklasse 1	Er veje, der har betydning for fjerntrafikken samt at afvikle gennemkørende trafik. Vejene holdes farbare hele døgnet, uden gener. Det vil sige, at der bliver saltet præventivt, og der ryddes, så snart der falder sne
Vejklasse 2	Er veje, der har stor betydning for fjerntrafikken og afvikling af den gennemgående trafik. Vejene holdes farbare hele døgnet uden væsentlige gener. Der saltets præventivt og ryddes sne, så trafikken kan afvikles uden væsentlige gener
Vejklasse 3	Er veje, der har betydning for afvikling af den lokale trafik og den kollektive trafik. Vejene tilstræbes at holdes ryddet uden væsentlige gener mellem klokken 5:00 og 22:00
Vejklasse 4	Er veje, der har betydning for pladser og for at afvikle lokaltrafikken. Disse holdes ryddet med visse gener fra 5:00 til 22:00
Vejklasse 5	Er veje og pladser, der kun har en lille betydning for trafikken. Vejene ryddes, når indsatsen på vejklasse 1 til 4 er afsluttet
Vejklasse 6	Er lokalveje, som bruges af enkelte personer. Vejene ryddes kun undtagelsesvis, og kun hvis de andre veje er ryddet

Figur 1.2: viser servicemålene for de forskellige vejklasser (Vinterudvalget, 2006) (By- og Landskabsforvaltningen, 2016)

Der er mange faktorer, der spiller ind på, hvornår og hvordan der saltes. Det vurderes på baggrund af ugedagen, tidspunktet på døgnet, restsalt på vejen, vejens tilstand, trafikbelastning og vejret (temperatur, temperatursvingninger, luftfugtighed, vind og nedbør) (Vinterudvalget, 2006).

Der findes tre typer af salt, der benyttes som vejsalt:

Salttype	Fremstillingsmetode	Kornstørrelse
Stensalt	Bliver udvundet med bor og sprængning i undergrunden	Store korn (figur 1.4)
Havsalt	Havvand pumpes ind i lavvandsbassiner, hvor solen får vandet til at fordampe. Herefter renses saltet for urenheder.	Store og små korn (figur 1.4)
Vakuumsalt	Varmt vand pumpes ned i en salthorst, hvilket gør, at saltet opløses i vandet. Herefter pumpes saltvandet op, hvorefter det renses for urenheder. Efterfølgende bringes saltet til kogepunktet under vakuum, hvilket skaber det fine vakuumsalt.	Små korn, der klæber sig sammen (figur 1.4)

Figur 1.3: viser de forskellige salttyper, fremstillingsmetoden og kornstørrelse (Eram, ukendt årstal)



Figur 1.4: viser stensalt til venstre, havsalt i midten og vakuumsalt til højre (Eram a, ukendt årstal)

Der findes flere typer af saltblandinger, som benyttes til saltning på vejene. Saltet spredes med forskellige afstande til kantlinjen alt efter hvilken type saltblanding der benyttes (figur 1.5) (Vinterudvalget, 2006).

Saltmetode	Saltblanding	Spreddebredder
Tørsalt	Saltkrystaller	Minimum en meter fra kantlinje
Saltlage	Saltopløsning, der består af vand og cirka 22 procent salt	Helt til kantlinje
Fugtsalt	70 procent tørsalt og 30 procent saltlage	Minimum 0,5 meter fra kantlinje
Combispredning	Kombination af saltlage og fugtsalt (varierende forhold efter vejrsituationen)	Helt til kantlinje

Figur 1.5: viser de forskellige saltblandinger og den tilhørende spreddebredder (Vinterudvalget, 2006)

Der spredes som udgangspunkt til kantlinje, men det vurderes på baggrund af hældning på vejen og saltmetode (Bilag A) (Vinterudvalget).

Tørsalt benyttes sjældent, og kun når det er meget koldt, isslag eller kraftigt snefald (Poulsen, 2017). Befugtet salt blæser ikke så let væk og hvirvles ikke så let op som tørsalt. Derudover er saltspredningen mere ensartet ved fugtsaltning end ved tørsaltning. Ved tørsaltning kan op mod 70 procent af materialet mistes under spredningen (Randrup og Pedersen, 1996).

Vejdirektoratet bruger hovedsageligt havsalt og stensalt. På statsvejene omkring Aalborg er det stensalt, der benyttes til saltning (Vestergaard, 2017). Vejdirektoratet bruger hovedsageligt to typer af spredere; fugtspredere og combispredere. Indtil vinteren 2018/2019 har der ikke været et system for hvilke spredere, der er blevet brugt på statsvejene. Fra vinteren 2018/2019 vil det primært være combispredere, der bliver brugt på motorveje og fugtspredere på hovedlandeveje. Combispredere benyttes på motorveje af to årsager; det er muligt at køre hurtigere med combispredere end med fugtspredere, derudover spredes saltet mere præcist med combispredere i forhold til fugtspredere. Det er prioriteret at sprede mere præcist på motorvejene på grund af den høje hastighed og trafikbelastningen (Poulsen, 2017).

I Brønderslev Kommune benyttes der saltspredere, der kører med vakuumsalt og saltlage. Normalt saltes der med vakuumsalt, men i vinteren 2016/2017 har Akzo Nobel ikke kunne levere vakuumsalt, hvilket betyder, at der er benyttet havsalt i vinteren 2016/2017. I Brønderslev Kommune spredes der salt med en hastighed på maksimum 60 km/t (Hansen, 2017).

I Aalborg Kommune benyttes der, ligesom i Brønderslev, normalt vakuumsalt, men da Akzo Nobel ikke har kunnet levere det i år, er der i vinteren 2016/2017 saltet med vakuumsalt fra 15.10.2016 til 31.1.2017, og fra 1.1.2017 til 1.5.2017 er der benyttet havsalt (Christiansen, 2017).

Salt spredes ud i rabatten på forskellige måder (figur 1.6).

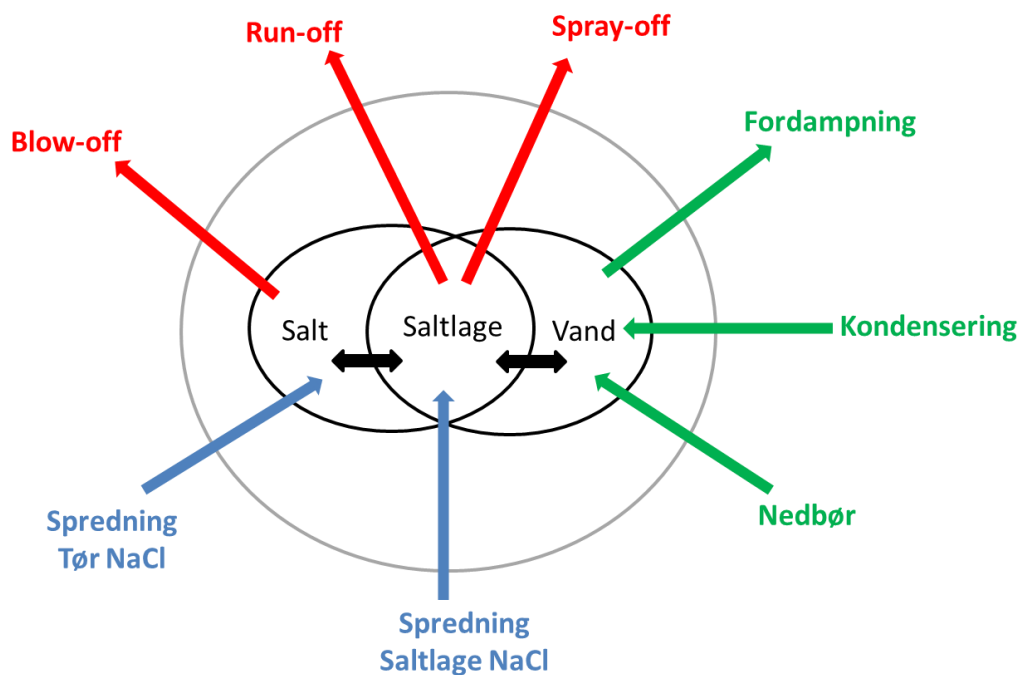
Spredningsmåder	
Blow-off	Afblæsning af tørt salt fra vejen, på grund af turbulensen bagved køretøjerne, hvilket gør, at der dannes en støvsky af salt.
Run-off	Naturlig afstrømning fra vejen.
Splash-off	Opløst salt, der sprøjtes væk af køretøjernes dæk. Hastigheden på køretøjerne har indflydelse på hvor meget salt, der sprøjtes væk fra vejen.
Spray-off	Når vejen er fugtig dannes der saltskyer efter køretøjerne på grund af turbulens. Denne saltsky blæses væk fra vejen ved hjælp af sidevind. Hastigheden på køretøjerne har indflydelse på hvor højt saltskyen bliver løftet (Thordarson et al., 2015)
Ikke optimal saltning	Ved at saltet ender i rabatten når der saltes
Sne fra vejen i rabatten	Når sne, der indeholder salt skubbes eller blæses væk fra vejen (Randrup og Pedersen, 1996)

Figur 1.6: viser typer af spredningsmåder til vejnære arealer.



Figur 1.7: viser blow-off, run-off, splash-off og spray-off i nævnte rækkefølge (Eram b, ukendt årstal)

Der er større chance for, at de store saltkorn ender på de vejnære arealer, da de er sværere at styre. Derudover er der en tendens til, at de store saltkorn hopper når de rammer vejoverfladen, hvilket gør, at noget af saltet ender i rabatten eller omplacere sig på kørebanen. Hvis vejen er våd/befugtet reduceres tendensen til at saltet hopper på vejoverfladen, hvilket betyder, at der kommer mindre salt ud i rabatten. Derudover opløses saltet hurtigere, når vejen er våd, hvilket gør, at effekten af saltet ses hurtigere. Små saltkorn hopper ikke så nemt som store saltkorn, ulempen ved de små saltkorn er dog, at de er mere vindfølsomme (Eram a, ukendt årstal). Figur 1.8 viser massebalancen på vejen, herunder hvordan der tilføres salt på vejen, vejrpåvirkningen og hvordan saltet spredes fra vejen.

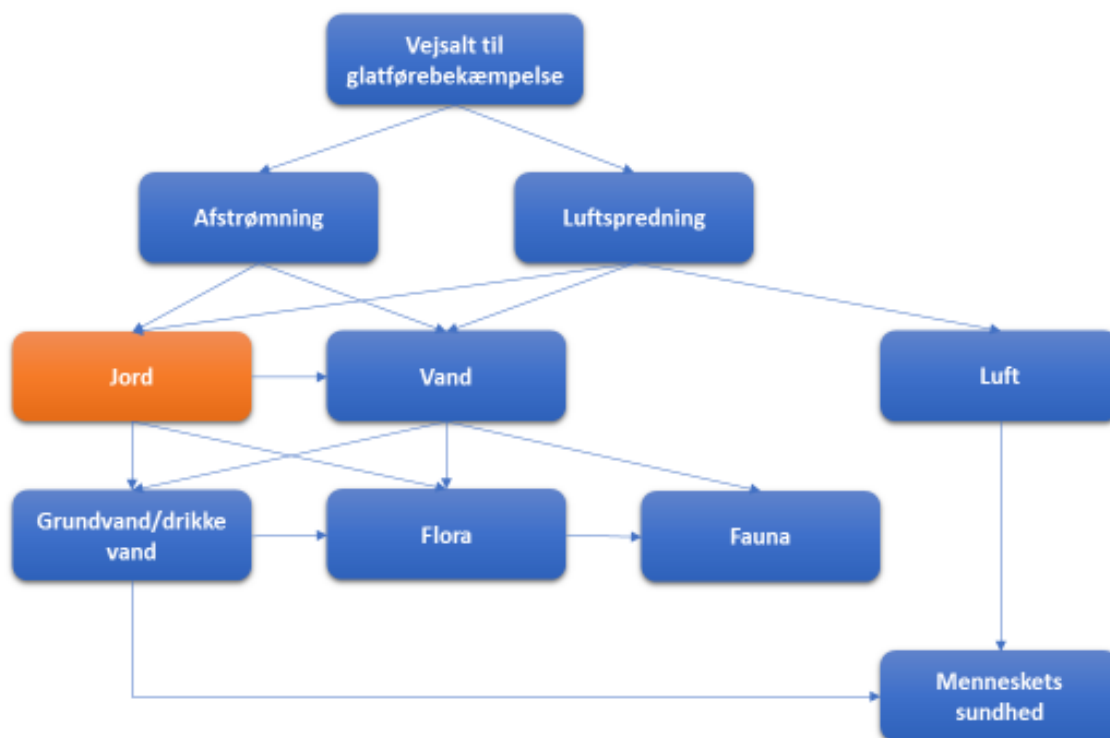


Figur 1.8: viser massebalancen af salt på vejen. *Splash-off* opfører sig i dette tilfælde ligesom *spray-off*
(Eram b, ukendt årstal)

På tør vej knuses saltet til mindre størrelser, når bilerne kører henover saltet på vejen, hvilket betyder, at de mindre partikler bliver hvirvlet op og spredes ved hjælp af *blow-off*. På våd vej knuses saltkornene samtidig med, at saltet bliver udsat for turbulens og derfor spredes den på grund af *splash-off* og *spray-off*. Det salt, der ligger i hjulsporene, udsættes hele tiden for *splash-off*, da noget af saltet afsættes i hjulsporene, mens andet salt blæses af vejen og ender på de vejnære arealer (Eram b, ukendt årstal).

1.4 EFFEKTER VED BRUG AF VEJSALT

Vejsalt, der bliver brugt til glatførebekæmpelse påvirker store dele af økosystemet. Figur 1.9 viser hvor saltet, der bliver brugt til glatførebekæmpelse på vejene, ender henne.

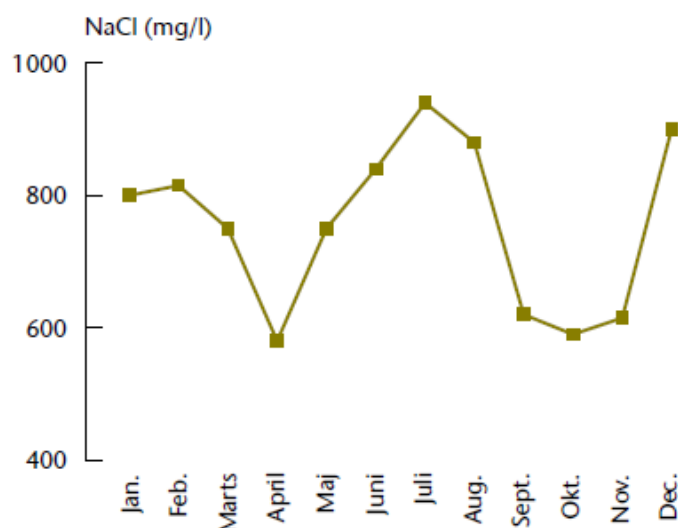


Figur 1.9: viser vejsaltets påvirkning på økosystemet. Egen figur med inspiration fra (Pedersen og Ingerslev, 2007)

Det *vejsalt*, der havner i naturen, kommer enten derud ved hjælp af *afstrømning* eller *luftspredning*. Afstrømningen af vejsalt påvirker *jorden og vand* (herunder både vandrecipienter og vandkvaliteten). Det salt, der spredes ved hjælp af luften, påvirker *jord og vand*, samt *luftkvaliteten*, da saltet hvirvles op i luften. Det salt, der havner i jorden, påvirker *grundvandet/drikkevandet*. Det betyder, at *menneskers sundhed* påvirkes. Når *jord og vand* påvirkes, påvirkes *floraen* også, både den terrestriske- og aquatiske flora. Når floraen påvirkes har det indflydelse på *faunaen* (terrestriske og aquatisk). Dette projekt beskæftiger sig med, hvordan *jord* påvirkes af vejsalt.

1.5 SALT I JORDEN

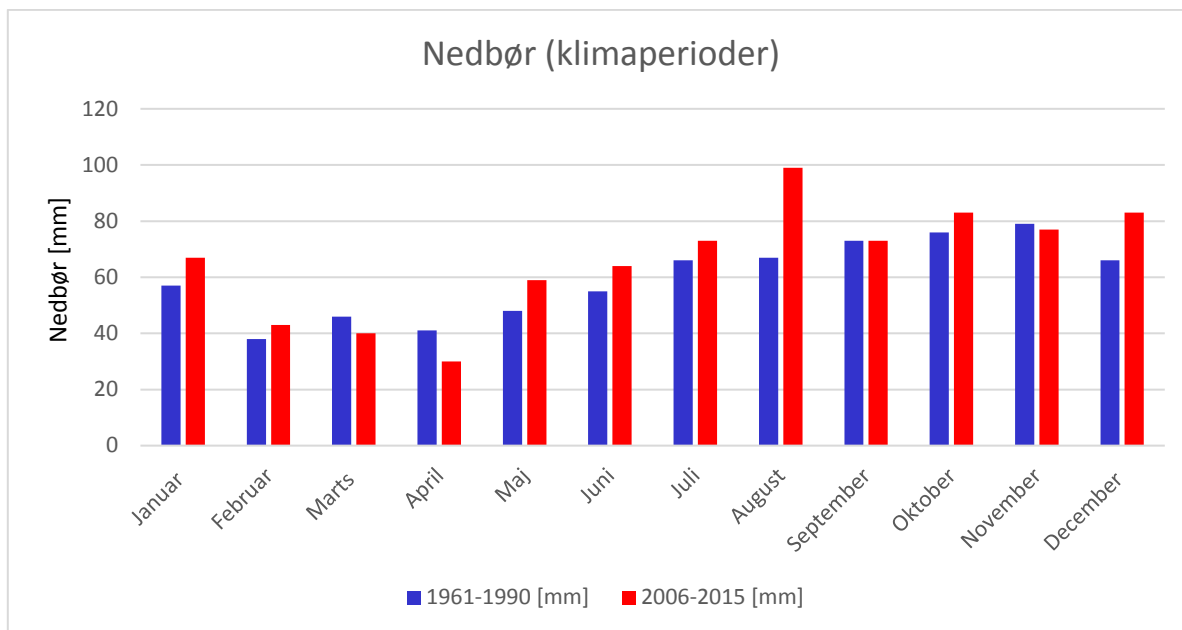
Saltkoncentrationerne i jorden varierer i forbindelse med tilførslen af salt, samt nedbørsmængden over året (figur 1.10). Ifølge Vejdirektoratet og Skov & Landskab (Tvedt et al., 2001) varierer koncentrationen af vejsalt i jorden, hen over året, på følgende måde:



Figur 1.10: viser koncentrationen af salt i jorden over året. Lavet på baggrund af undersøgelser af Vejdirektoratet og Skov & Landskab i samarbejde med nogle danske kommuner (Tvedt et al., 2001).

Argumentet er, at der i vintermånederne tilføres salt til jorden, hvilket giver en høj koncentration af salt i jorden, da mængden af nedbør er lille, samt at jorden er frossen i perioder. Om foråret falder koncentrationen, hvilket skyldes, at der sker en udvaskning i jorden, da nedbørsmængden som regel er større. Om sommeren stiger koncentrationen igen, hvilket skyldes, at fordampningen ofte er større end nedbørsmængden (Tvedt et al., 2001).

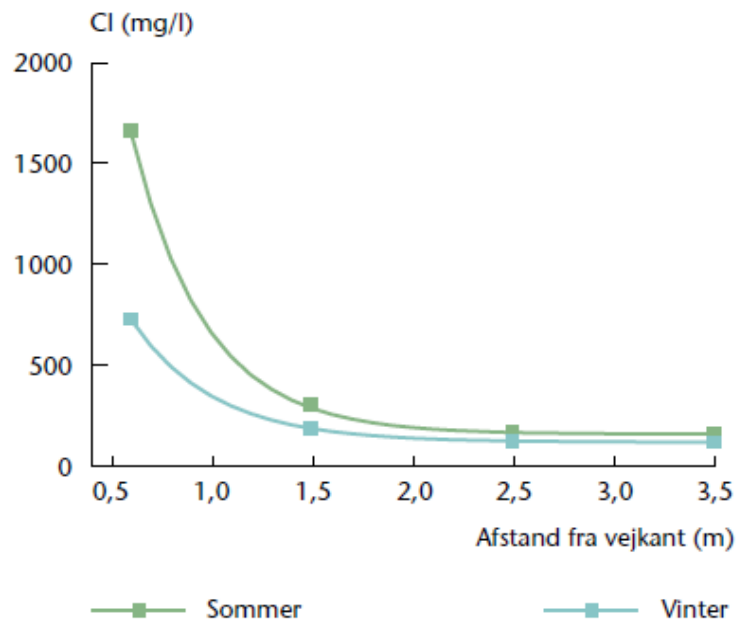
Vejret i Danmark ændrer sig i disse år. Allerede nu, og i de kommende år vil der være flere hedeølger og mere ekstrem regn end tidligere (Olesen, ukendt årstal). Figur 1.11 viser gennemsnitsnedbøren for to klimaperioder.



Figur 1.11: viser nedbøren fordelt over året for to klimanormaler (1961-1990 og 2006-2015) (Cappelen, 2017)

Figur 1.11 viser, at der er sket en ændring i nedbørsmængden. Der falder mest nedbør om sommeren og om efteråret, og der falder mindst regn om foråret. DMI mener, at somrene i Danmark vil blive mere tørre, samtidig med, at der vil falde mere nedbør henover sommeren. At det bliver mere tørt skyldes, at den regn, der falder, vil falde mere ekstremt (Cappelen, 2017). Derved giver Figur 1.10 mening med hensyn til, at der sker en opkoncentration af salt i jorden om sommeren. Om efteråret regner det generelt meget ifølge figur 1.11, hvilket betyder, at der må være en stor udvaskning. I december og januar falder der generelt mere regn end i februar. Koncentrationen i jorden er ifølge figur 1.10 høj i disse måneder. Dette kan skyldes, at det hovedsageligt er i disse måneder, at der saltes på vejene, men det kan også være fordi jorden er frossen, og nedbøren derved løber af overfladen og ikke trænger ned i jorden og udvasker saltet. Figur 1.10 viser, at koncentrationen om foråret falder, fordi der sker en udvaskning. Figur 1.11 viser dog, at det er den periode på året, hvor der falder mindst regn, hvilket ikke hænger sammen med, at der burde være en stor udvaskning.

Ifølge Vejdirektoratet og Landskab & Skov (Tvedt et al., 2001) falder koncentrationen af salt markant to til tre meter fra vejen (figur 1.12).



Figur 1.12: viser på y-aksen; kloridkoncentrationen og på x-aksen afstanden til vejen. Lavet på baggrund af undersøgelser af Vejdirektoratet og Skov & Landskab i samarbejde med nogle danske kommuner (Tvedt et al., 2001).

Ifølge figur 1.12 falder mængden af salt i jorden relativt meget fra 0 til 1,5 meter fra vejen, herefter udjævnes kurven. Derfor kan det være en fordel at plante minimum tre meter fra vejen, da koncentrationen af salt i jorden er mindre (Tvedt et al., 2001). Ifølge kapitel 2 falder koncentrationen af vejsalt eksponentielt med afstanden fra vejen, hvilket stemmer overens med figur 1.12.

1.5.1 HVORDAN REAGERER SALT I JORDEN

Selvom salt er effektivt til at fjerne rim, is og sne, så er der desværre også nogle ulemper ved salt. Salt påvirker blandt andet planter og miljøet negativt. I det følgende afsnit tages der udgangspunkt i, hvordan salt påvirker kemien i jorden og, hvilke konsekvenser det har for planterne. (Randrup og Pedersen, 1996).

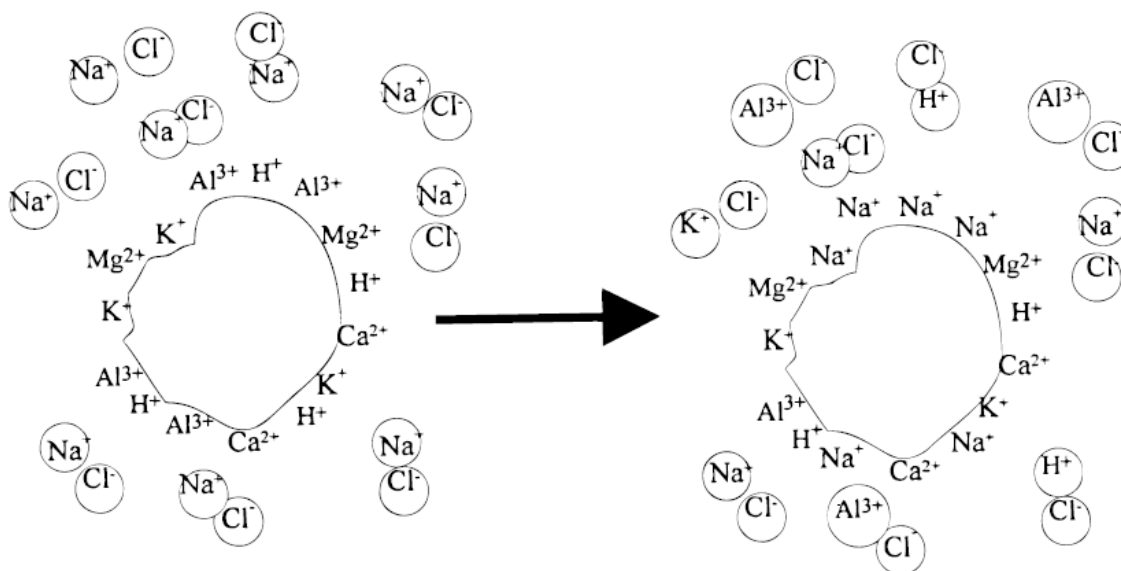
Jordens struktur/tekstur, hydraulisk ledningsevne, næringsstoffer i jorden og dens evne til ionbytning betyder meget i forhold til hvordan jorden og planterne, der vokser i jorden, påvirkes af vejsaltet (Randrup og Pedersen, 1996)

Jord består af partikler, vand og luft. Jordens tekstur er fordelingen af partiklernes kornstørrelse, og jordens struktur defineres ved hvordan sand, silt og ler er bundet sammen i aggregater (Ashman og Puri, 2013). Kornstørrelsesfordelingen i jorden har stor indflydelse på jordens egenskaber. Generelt er der flere næringsstoffer i lerede jorde end i sandede jorde, fordi der i en lerjord er en større overflade hvor næringsstofferne kan sætte sig. I lerjorde er partikelstørrelsen meget mindre end i sandjorde, hvilket betyder,

at der skal flere lerpartikler til for at opnå den samme massefylde som sandpartikler. Derfor vil der i lerjorde være en større overflade, hvor nærringstofferne kan sætte sig. Jordstrukturen og teksturen har indflydelse på porestørrelsen i jorden, og derved hvor hurtigt vandet trænger igennem jorden og hvor meget luft, der er tilgængelig i jorden (Randrup og Pedersen, 1996). Jorde med sandpartikler har som oftest en højere effektiv porøsitet end lerede jorde, da der findes færre makroporer, hvor vandet kan løbe. Den effektive porøsitet har derved indflydelse på salts opholdstid i jorden og hvor hurtigt saltet bliver udvasket fra rodzonen, hvor planterødderne er (Miljøstyrelsen, 2004). Planterne har, ligesom dyr, brug for vand og luft – også under jorden, derfor er det vigtigt, at begge dele er til stede.

I Jordvæsken og på partiklerne findes der kationer (+) og anioner (-). Vejsalt består af natriumklorid (NaCl). Når natriumklorid er i fastform, sidder ionerne i et fast gitter. Når salt opløses i vand, ødelægges gitterstrukturen og ionerne Na^+ og Cl^- kan bevæge sig frit i jordvæsken. Na^+ er en positiv ion og Cl^- er en negativ ion, hvilket betyder, at de bliver tiltrukket af hinanden (Randrup og Pedersen, 1996).

Det er igennem jordvæsken, at ionerne i jorden optages og udvaskes. Ionerne er bundet forskelligt til partiklerne, det vil sige, at nogle ioner er nemt udbyttelige og andre er stærkere bundet. Na^+ bindes stærkere end Cl^- , da partiklernes overflade normalt er negativt ladet, og derved tiltrækker positive ioner (Randrup og Pedersen, 1996).



Figur 1.13: viser ionbytningen, der sker på jordpartiklerne når koncentrationen af salt i jorden stiger (Randrup og Pedersen, 1996)

Cl^- er meget mobil og holdes derfor næsten ikke tilbage, hvilket betyder, at størstedelen af Cl^- udvaskes med det samme (Randrup og Pedersen, 1996). Når Na^+ sætter sig på partiklerne overflade vil det skubbe K, Ca, Mg, Al, Fe, Zn, H, NH_4 med flere ud i jordvæsken, hvilket kan ende med udvaskning. Ionsammensætningen på partiklerne vil dog altid afspejle sammensætningen i jordvæsken (figur 1.13), hvilket betyder, at hvis der tilføres meget salt til jorden, så vil ionsammensætningen på partiklerne også afspejle dette, da jorden hele tiden prøver at danne ligevægt mellem ionerne på partiklerne og ionerne i jordvæsken (Pedersen og Ingerslev, 2007).

Ifølge Vejdirektoratetsrapport fra 1996 påvirkes planterne mere af saltsprøjt, end af den salt, der er i jorden (Randerup og Pedersen, 1996)

Skader fra vejsalt kan ses på planterne på flere måder:

- *Osmotiskstress*, skyldes at vandpotentialet i jorden mindskes i forhold til i rødderne, hvilket betyder, at vandet fra rødderne søger ud i jordvæsken, for at fortynde opløsningen af salte i jorden. Dette gør, at planten udtørres, da planten skal bruge meget energi på at opretholde vandniveauet.
- *Ernæringsstress*, skyldes osmose, da næringsstofferne presses ud i jordvæsken. Normalt er det N, der er den begrænsende vækstfaktor. Hvilket betyder, at når optaget af Cl stiger, vil optaget af N mindskes, hvilket gør, at plantevæksten går i stå, da det tilgængelige N bliver mindre, hvilket i værste fald giver mangel på næringsstoffer, som medfører ernæringsstress. Hvis der er høje koncentrationer af Na^+ og Cl^- vil det påvirke plantens funktionen af membranerne i planten, hvilket kan betyde, at planten ikke er i stand til at beskytte sig selv mod de store mængder af Na^+ og Cl^- , som kan resultere i en forgiftning.
- *Forgiftning*, sker ved at saltet rammer selve planten og trænger ind i planten. Hvis koncentrationen af salt på plantens overflade bliver høj, sker der en forgiftning, da det påvirker plantens stofskifte og membranfunktion.
- *Jordstrukturen*, ændres når der tilføres salt, da det får jorden til at klappe sammen (dispergeres), da Na^+ fordriver de andre kationer, som giver jorden krummestruktur, hvilket giver vand- og luftstress for planterne (Ingerslev og Skov, 2015) (Pedersen og Ingerslev, 2007).

Planterne bliver udsat for både kemiske og fysiske påvirkninger fra NaCl. Saltskaderne kan komme til udtryk på flere måder, blandt andet ved færre skud, reduceret vækst, udtørring, nærringsstofmangel, tidlig afløvning og i værste fald plantedød (Ingerslev og Skov, 2015).

Tålegrænsen for salt i planterne er forskellig (figur 1.14).

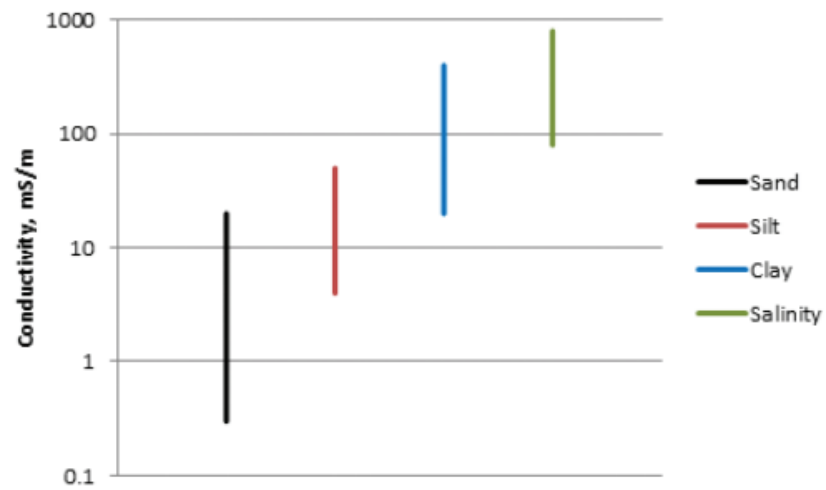
Konduktivitet $\mu\text{S}/\text{cm}$	Forhold for planternes vækst
0 – 2.000	Kun få problemer
2.000 – 4.000	Nogle følsomme planter har problemer med at vokse
4.000 – 8.000	De fleste planter har problemer med at vokse
8.000 – 16.000	Kun salttålede planter vil overleve
> 16.000	Så godt som ingen planter vil overleve

Figur 1.14: viser planternes tålegrænse for salt (Kaalund et al., ukendt årstal)

Tålegrænserne for planterne bliver påvirket af jordsammensætningen, som planterne står i, hvilket betyder at tålegrænsen nogen steder kan være stor, mens den andre steder er lav på grund af sammensætningen i jorden (Sivertsen et al., 2012).

1.6 JORDENS KONDUKTIVITET

Konduktivitet er et udtryk for hvor godt jorden leder strøm. Jordens konduktivitet afhænger af lerindhold, organisk materiale, vandindhold, temperatur, CEC (kationadsorptionspotentiale), porøsitet, tekstur og struktur (Grisso et al., 2009). Konduktiviteten afhænger især af jordens tekstur, når mængden af ler og organisk materiale i jorden stiger, så vil konduktiviteten også stige, da det giver et større kationadsorptionspotentiale. Vandindholdet har indflydelse på konduktiviteten, da det er vandet i jorden, der er bestemmende for konduktiviteten. Vandet i jorden findes i porerne, hvilket betyder, at jo større total porøsitet, jo højere konduktivitet. Konduktiviteten er temperaturafhængig, hvilket betyder, at konduktiviteten stiger med temperaturen (Grisso et al., ukendt årstal). Alle disse parametre er medbestemmende for jordens konduktivitet. Dette betyder, at sand har den laveste konduktivitet, silts konduktivitet er lidt højere og lers er højest (figur jj) (Grisso et al., ukendt årstal)



Figur 1.15: viser konduktiviteten for de forskellige jordtyper (Barbosa og Overstreet, Ukendt årstal).

2 HVAD VISER ANDRE STUDIER

Der er fra 1970'erne og frem til 1990'erne lavet undersøgelser om, hvor langt væk fra vejen vejsaltet kommer. Dragsted konkluderede i 1988, at den største mængde vejsalt afsættes indenfor de første 3 meter fra vejen. Harris (1992) konkluderede at koncentrationen af salt, var halvt så stor 15 meter fra vejen som 2 meter fra vejen. Golwer (1991) beskrev, at salt fra vejen kan sprøjtes 10 meter ud fra vejen og at saltet kan bæres med vinden ud til 60 meter fra vejen. Hofstra og Hall (1971) har fundet saltskader 150 meter fra vejkannten. I vinteren 1995/1996 blev der fundet saltskader 40 meter fra en motorvej på Sydsjælland (Randrup og Pedersen, 1996).

Overordnet for alle undersøgelserne er at mængden af salt i jorden er højest tæt ved vejen og lavere længere væk fra vejen. I 1989 opsummerede OECD (Randrup og Pedersen, 1996), at mængden af vejsalt falder eksponentielt med afstanden til vejen, og at 90 procent af det vejsalt, der spredes udenfor vejene afsættes i løbet af de første 15 meter fra vejen. Cirka 10-25 procent af det salt, der spredes på vejene afsættes som saltsprøjt i rabatten (Randrup og Pedersen, 1996).

Burton undersøgte i 1992 hvor stor saltkoncentrationen i jorden er, afhængigt af hvor hurtigt der bliver kørt på vejene. Han kom frem til, at der var en sammenhæng mellem hastigheden på vejen og den største saltkoncentration i jorden (figur 2.1). Det vil sige, at på veje hvor der må køres 50-60 km/t er de største saltkoncentrationen omkring 2 meter fra vejkannten, og på veje med en hastighed på 80-100 km/t er de største saltkoncentrationer 8 til 10 meter fra vejen (Randrup og Pedersen, 1996).

Hastighed [km/t]	Afstand fra vej til største saltkoncentration [m]	Maks afstand saltsprøjt blev registreret [m]
50	1,5	28
60	2	31
80	8	34
100	10	37

Figur 2.1: viser sammenhængen mellem hastigheden på vejen og koncentrationen af salt i forskellige afstande, samt hvor langt væk fra vejen der er registreret saltsprøjt (Randrup og Pedersen, 1996).

3 PROBLEMFORMULERING

Tidligere undersøgelser fra 1970'erne og 1990'erne viser, at der er en sammenhæng mellem hastigheden på vejen og hvor langt væk fra vejen saltet kommer. Der findes kun få undersøgelser indenfor dette område, og undersøgelserne er forholdsvis gamle. Derfor er det interessant at se på, om der er en sammenhæng mellem hvor langt væk fra vejen saltet kommer fra vejen og hastigheden der bliver kørt med på vejen, derfor arbejdes der ud fra følgende problemformulering:

Hvordan påvirker køretøjernes hastighed på vejen, spredningen af vejsalt til vejnære arealer?

Det er valgt at undersøge veje, hvor der må køres med 50, 80 og 130 km/t, for at se om der er en forskel i, hvor langt saltet kommer væk fra vejen i forhold til hastigheden, der bliver kørt med på vejen. Der tages i dette projekt udgangspunkt i kommuneveje og statsveje.

4 METODE

For at finde ud af om saltindholdet i jorden ændres med afstanden fra vejen, blev der udført en pilotundersøgelse. Under pilotundersøgelsen blev der udtaget prøver ved en vej, hvor der blev kørt 50 km/t (figur 4.1). Undersøgelsen viste, at der var en sammenhæng mellem afstanden til vejen og saltindholdet, hvilket er baggrunden for de resterende undersøgelser.

Afstand til vej	Konduktivitet $\mu\text{S}/\text{cm}$
10 cm	788
50 cm	724
2 m	104
4 m	39

Figur 4.1: viser resultaterne fra pilotforsøg

For at finde ud af hvor langt vejsalt kommer ud fra vejen, er der valgt forskellige typer af veje med forskellige hastigheder:

- 50 km/t (by) (A-veje)
- 80 km/t (landevej) (B-veje)
- 130 km/t (motorvej) (C-veje)

4.1 UDVÆGELSE AF VEJE

Der er udvalgt tre veje hvor der køres 50 km/t, to veje hvor der køres 80 km/t og to veje hvor der køres 130 km/t. Dette er gjort for at finde ud af, om der er en sammenhæng mellem, hvor langt vejsaltet kommer væk fra vejen og den hastighed, der køres med på vejen.

Lokaliteterne er udvalgt på baggrund af et hastighedskort, hvor det er muligt, at se hvor hurtigt der køres på vejene (Lahrmann et al., ukendt årstal). Derudover er der set på *serviceklassen*, hvilket har indflydelse på, hvor ofte og hvordan vejene holdes farbare om vinteren. Der er udvalgt veje, der er vigtige for trafikken og derfor bliver ryddet ofte (Aalborg Kommune, ukendt årstal).

Lokaliteterne er udvalgt på baggrund af, at det er områder, hvor jorden ikke bliver dyrket, og hvor jorden har fået lov til at passe sig selv. Det vil sige, at landbrugsarealer er undladt, da jorden i disse områder ofte bearbejdes af landbrugsredskaber. Derfor er størstedelen af prøverne taget på brakarealer, hvor naturen ikke er blevet bearbejdet for nylig. Et andet kriterie er, at områderne skal være åbne, så træer og buske ikke kan afskærme mellem vejen og der hvor jordprøverne er tages.

4.2 LOKALITETSBEKRIVELSE

Der er udtaget prøver syv lokaliteter i Nordjylland (figur 4.2):



Figur 4.2: viser placeringen af lokaliteterne (koordinater findes i Bilag B)

A1, A2, A3, B1 og B2 er kommuneveje og C1 og C2 er statsveje, hvilket betyder, at det er kommunen, der står for saltningen på kommunevejene og det er Vejdirektoratet, der har ansvaret for saltningen på statsvejene (Vejdirektoratet a, ukendt årstal).

4.2.1 A1, A2 OG A3

Disse tre veje er veje i byer, hvor der må køres 50 km/t. Jordprøverne er taget 0 til 20 meter fra vejene.

A1: Jordprøverne er udtaget per 25 centimeter 0 til 5 meter fra vejen, fra 5 til 10 meter fra vejen er prøverne udtaget med en afstand på 50 centimeter og fra 10 til 20 meter er jordprøverne taget per meter.

A2 og A3: Jordprøverne er udtaget per 50 centimeter 0 til 5 meter fra vejen og fra 5 til 20 meter fra vejen er jordprøverne udtaget per meter.



A1: Er en lokalitet ved Nyhavnsgade i Aalborg (figur 4.3).

Figur 4.3: viser hvor jordprøverne på lokaliteten A1 er taget, samt området omkring. Ortofotoet er fra 2016, men da Østerhavn i Aalborg er et område, der er under udvikling, er der ved at blive opført en bygning på græsarealet vest for, hvor prøverne er taget.



A2: Er en lokalitet ved Thistedvej (figur 4.4).

Figur 4.4: viser hvor jordprøverne på lokaliteten; A2 er taget, samt området omkring.



A3: Er en lokalitet i den sydlige del af Brønderslev (figur 4.5).

Figur 4.5: viser hvor jordprøverne på lokaliteten A3 er taget, samt området omkring.

BESKRIVELSE AF LOKALITETERNE:

A1: Der er helt ud til vejen et autoværn, hvilket betyder, at målinger starter 50 centimeter fra vejen. Jordprøverne fra denne lokalitet er taget d. 16.2.2017, hvor der var sne på jorden (figur 4.6) og jorden var frossen i de øverste 10 centimeter. Det meste af sneen smeltede i løbet af dagen.



Figur 4.6: viser hvordan der så ud på lokaliteten A1, da jordprøverne blev taget d. 16.2.2017

A2: Området er et brakområde, hvor der vokser græs og enkelte træer (figur 4.7). Lokaliteten er tæt på Lindholm å (ca. 40 meter fra), og der var lidt vand på overfladen længst fra vejen.



Figur 4.7: viser hvordan der så ud på lokaliteten; A2, da prøverne blev taget d. 28.2.2017

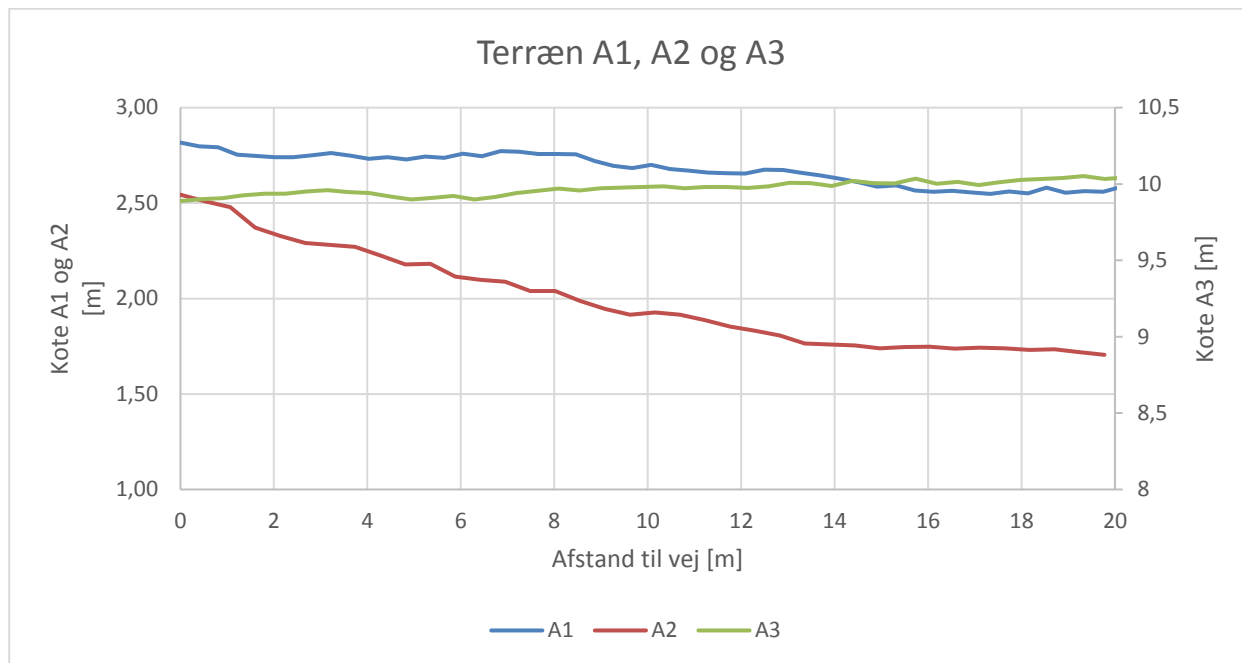
A3: Området bærer præg af industriområde, og trafikken er generelt meget tung (observeret under prøvetagning). Området hvor jordprøverne er taget er et græsområde (figur 4.8), hvor der er forholdsvis vådt. Jordprøvetagningen starter lige ved siden af vejen, da der ikke er cykelsti, fortov eller autoværn.



Figur 4.8: viser hvordan der så ud på lokaliteten; A3, da prøverne blev taget d. 17.3.2017

TERRÆNPROFILER:

Figur 4.9 viser tværsnitsprofiler af terrænet for A1, A2 og A3.



Figur 4.9: viser tværsnitsprofiler for A1, A2 og A3 (kilde kortforsyningen 0,4 terræn).

4.2.2 B1 OG B2:

B1 og B2 er to veje henholdsvis ved Nørresundby og nord for Brønderslev, hvor der må køres 80 km/t.

Jordprøverne er taget 0 til 25 meter fra vejen. Jordprøverne er udtaget per 50 centimeter 0 til 5 meter fra vejen og fra 5 til 25 meter fra vejen er jordprøverne udtaget per meter.



B1: Er en lokalitet ved Thistedvej (Nørresundby) (figur 4.10),

Figur 4.10: viser hvor jordprøverne på lokaliteten B1 er taget, samt området omkring.



B2: Er en lokalitet nord for Brønderslev ved Hjørringvej (figur 4.11)

Figur 4.11: viser hvor jordprøverne på lokaliteten B2 er taget, samt området omkring.

BESKRIVELSE AF LOKALITETERNE:

B1: Området er et græsområde (figur 4.12), der er omgivet af en sø mod nord, vest og syd. Vejen er tosporet mod nordvest og ensporet mod sydøst, derudover er der en cykelsti på begge sider af vejen. Der er to meter mellem vejen og cykelstien, og 3,8 meter fra vejen og til den anden side af cykelstien, hvilket betyder at prøvetagningen starter 3,8 meter fra vejen og lige opad cykelstien.



Figur 4.12: viser hvordan der så ud på lokaliteten; B1, da prøverne blev taget d. 27.2.2017

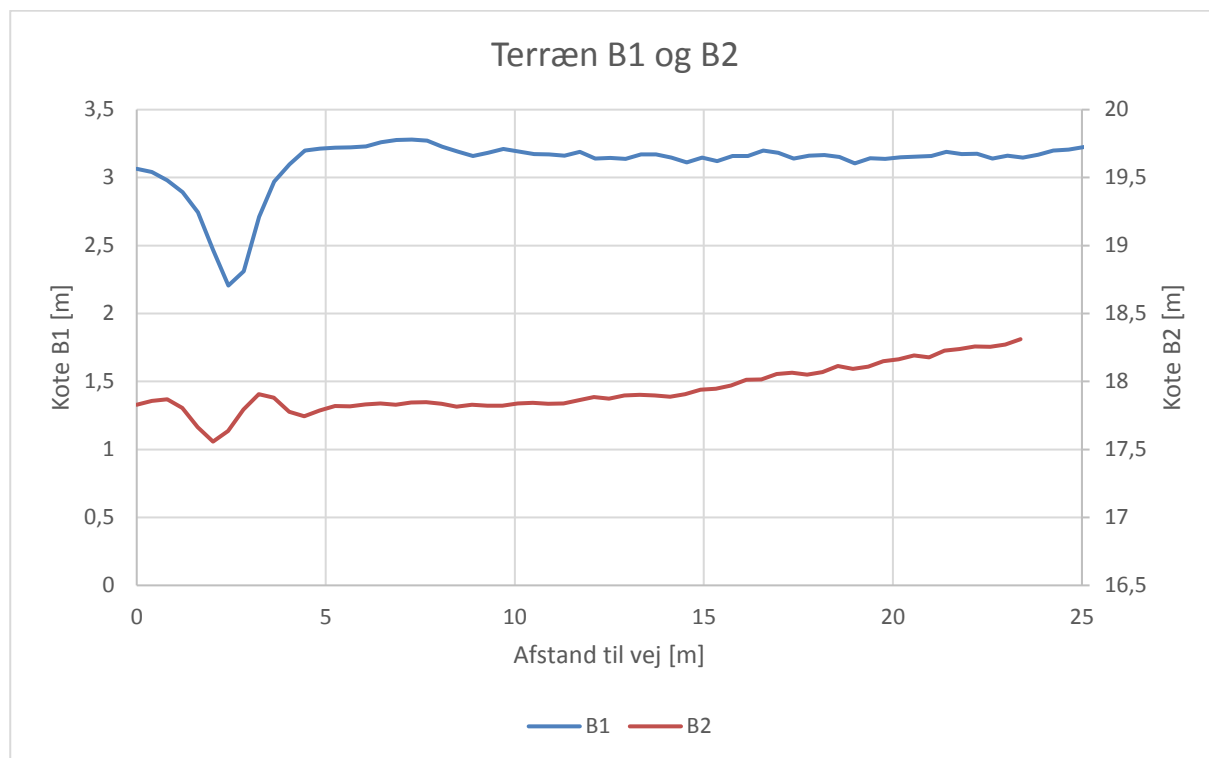
B2: Området hvor jordprøverne er taget, er et græs/brakområde (figur 4.13). Der er to meter mellem vejen og cykelstien, hvilket betyder at jordprøverne er taget fire meter fra vejen og starter lige efter cykelstien.



Figur 4.13: viser hvordan der så ud på lokaliteten; B2, da prøverne blev taget d. 17.3.2017

TVÆRSNITSPROFILER:

Figur 4.14 viser tværsnitsprofiler for B1 og B2.



Figur 4.14: viser tværsnitsprofiler for B1 og B2 (kilde kortforsyningen 0,4 terrænt)

4.2.3 C1 OG C2:

Er lokaliteter ved Motorvej E45, hvor der må køres med en hastighed på 130 km/t.

Jordprøverne er taget 0 til 40 meter fra vejen.

C1: Jordprøverne er taget per meter på hele strækningen ved den første prøvetagning.

C2: Jordprøverne er taget per meter fra 0 til 20 meter og hver anden fra 20 til 40 meter, ved den første prøvetagning.



C1: Er en lokalitet ved Hovedvej 13, tæt ved Sønderup (figur 4.15).

Figur 4.15: viser hvor jordprøverne på lokaliteten C1 er taget, samt området omkring.



C2: Er en lokalitet ved Motorvej E45 øst for Svenstrup (figur 4.16)

Figur 4.16: viser hvor jordprøverne på lokaliteten C2 er taget, samt området omkring.

BESKRIVELSE AF LOKALITERNE:

C1: Området er et græsområde (figur 4.17), der er et autoværn ud til motorvejen. Målingerne starter lige efter nødsporet/autoværnet.

Figur 4.17: viser hvordan der så ud på lokaliteten; C1, da prøverne blev taget d. 20.2.2017



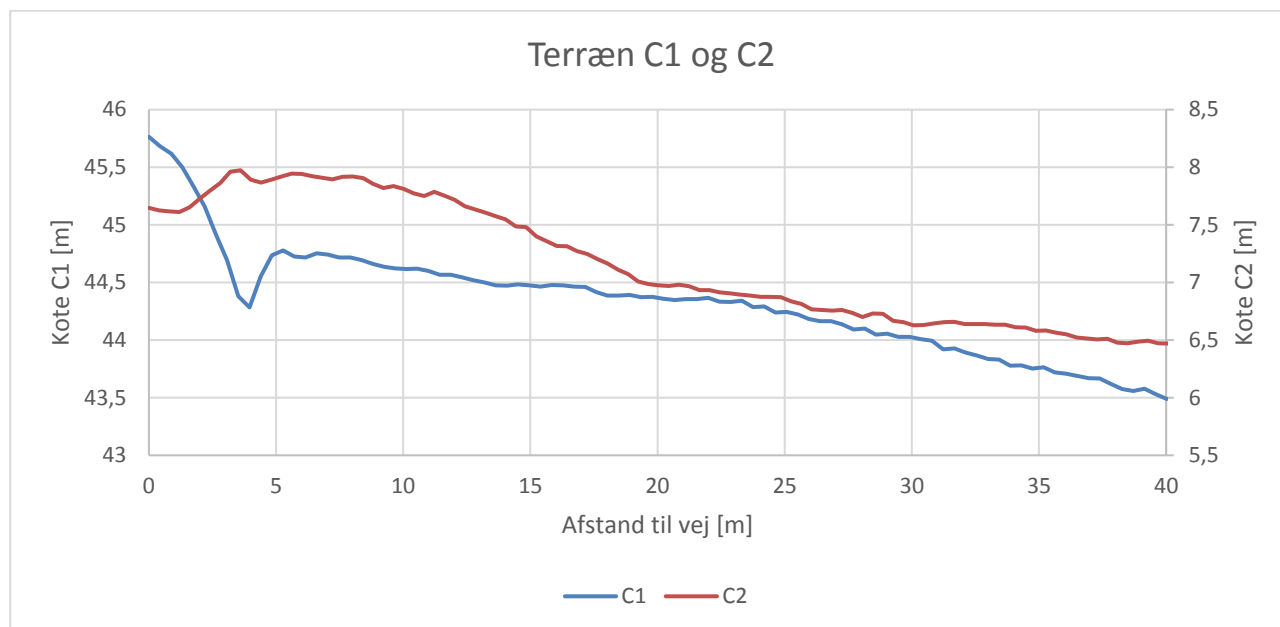
C2: Området er et brakområde (figur 4.18), hvor der ikke er autoværn eller lignende til at afskærme mellem prøvetagningsområdet og motorvejen. Prøvetagningen starter to meter fra nødsporet på motorvejen.

Figur 4.18: viser hvordan der så ud på lokaliteten; C2, da prøverne blev taget d. 6.3.2017



TVÆRSNITPROFILER:

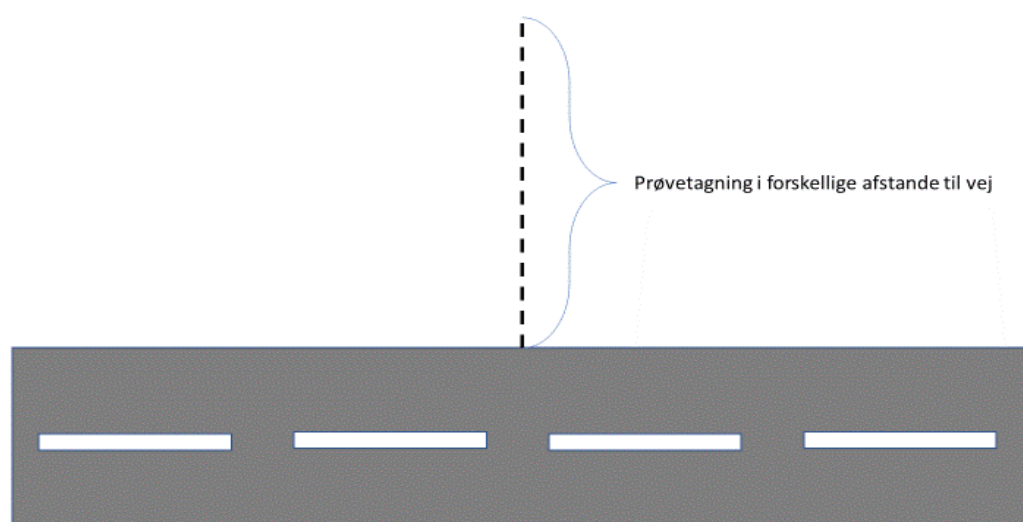
Figur 4.19 viser tværsnitsprofiler for C1 og C2.



Figur 4.19: viser tværsnitsprofiler for C1 og C2. x-akse; meter fra vejen, y-akse; meter over havoverfladen (kilde kortforsyningen 0,4 terræn)

4.3 FELTMETODE:

Jordprøverne er taget vinkelret på vejen i forskellige afstande til vejen (figur 4.20). Dette gøres for at finde ud af hvor langt ud det er muligt at måle vejsaltet og hvornår niveauet af salt bliver stabilt.



Figur 4.20: viser hvor jordprøverne er taget i forhold til vejen.

Udstyr til udtagning af jordprøver

(4.21):

- Målebånd
- Planteskovl
- Jordspyd
- Hammer
- Spatel til at udtage jordprøve fra spyd



Figur 4.21: udstyr til udtagning af jordprøver

Prøverne er taget i to dybder; i overfladen (0 til 5 centimeters dybde) (topjord) og i 10 til 20 centimeters dybde (underjord). Først graves græsset af, hvorefter der tages en jordprøve af jorden lige under græsset. Derefter hamres jordspyddet ned i jorden og der udtages en prøve i 10 til 20 centimeters dybde.

4.4 LABORATORIE METODE

I laboratoriet bestemmes konduktiviteten og jordtyperne. Konduktiviteten måles på alle prøverne, mens det kun er jordtypen på udvalgte jordprøver, der bestemmes.

4.4.1 MÅLING AF KONDUKTIVITET

Til måling af konduktivitet i jordprøverne benyttes standardmetoden: EN 0000:2003 (CEN et al., 2005). Først vejes 20 gram ($\pm 0,5$ gram) jord af i en plastikbeholder (figur 4.22), hvorefter tilføres der 100 milliliter (± 1 milliliter) demineraliseret vand ($0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$). Jorden med det demineraliseret vand rystes herefter vertikalt i 30 minutter på et rystebord (HS 501 digital) ved med en hastighed på 200 rpm (runder per minut). Jordprøverne og det demineraliseret vand rystes for at få partiklerne blandet så saltet kommer ud i væsken, da konduktiviteten måles i væsken. Efter rystningen filtreres cirka 20 milliliter over i et måleglas igennem et filter (Whatman GF/D 70 mm) (figur 4.22).



Figur 4.22: viser forsøgsopstillingen i laboratoriet

Når der er filtreret cirka 20 milliliter væske, måles konduktiviteten ved hjælp af en WTW-måler (figur 4.22). WTW-måleren måler konduktiviteten og temperaturen, da konduktiviteten er temperaturafhængig. WTW-måleren er inden brug blevet indstillet til at beregne konduktiviteten ved 25 grader, selvom temperaturen enten er højere eller lavere. Dette er gjort for at kunne sammenligne resultaterne (Weilheim, 2011).

Konduktiviteten i jorden, giver en fornemmelse af hvor meget salt, der er i jorden. Det er muligt at finde det reelle saltindhold ved at måle natrium ved hjælp af et ICP eller AAS apparat, og måle chlorid på en Ionchromatograf eller ved titrering (Nørgaard, 2013), hvis denne metode havde været brugt i stedet, havde det ikke været muligt at undersøge så mange prøver, hvilket er en af grundene til, at det er valgt at måle konduktiviteten i stedet. Dette skaber dog nogle flere usikkerheder, da jorden i sig selv har en konduktivitet (se kapitel 1.6), hvilket blandt andet er grunden til, at det er vigtigt finde jordtypen.

3.4.2 BESTEMMELSE AF JORDTYPE

Til bestemmelse af jordtyperne ved de forskellige lokaliteter er der målt, organisk materiale og kornstørrelse. Der er udvalgt en jordprøve i midten af hver sektor (se kapitel 5) i både topjorden og i underjorden.

4.4.2.1 ORGANISK MATERIALE

Inden det organiske indhold bestemmes tørres jorden ved 105 grader i 24 timer, så der ikke er vand i jorden. Jorden mortes og derefter vejes der cirka 20 gram jord af på en vægt (nøjagtighed 0,1 mg = 0,0001g) i en digel. Diglerne stilles på en glødebakke og sættes i en kold glødeovn. Når ovnen har nået en temperatur på 550 grader glødes prøverne i fem timer, efter glødningen sættes diglerne i en vacuumeksikator til nedkøling, så jordprøver ikke optager fugt fra luften under nedkølingen. Når jordprøverne er nedkølet vejes de igen på den samme vægt, som inden glødningen. Det organiske materiale beregnes på baggrund af vægttabet efter glødningen (Aalborg Universitet a, ukendt årstal).

4.4.2.2 KORNSTØRRELSE

Til bestemmelse af jordens struktur sigtes jordprøverne. Jordprøverne tørres i 24 timer ved 105 grader inden sigtningen, så der ikke er vand i jordprøverne (Aalborg Universitet b, ukendt årstal). Sigtningen er foretaget med følgende sigter; 4 mm, 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 200 µm, 125 µm (figur 4.23).



Figur 4.23: viser sigtetårnet

4.5 METODE TIL STATISTIK

For at finde ud af, om der er en signifikant forskel på konduktivetsmålingerne, er der lavet statistik på prøveresultaterne. Programmet R er benyttet til udregningerne. Der er lavet en ensidet variansanalyse, der finder middelværdien i hver sektor og sammenligner med de andre sektorer. På den måde er det muligt at se, om der er en signifikant forskel på sektorerne. Hvis der er en signifikant forskel på sektorerne er der lavet en sammenligning af alle sektorerne indbyrdes (Tukey HSD test), for at se hvilke sektorer, der adskiller sig signifikant fra de andre sektorer. Der er valgt et 95 procents konfidensinterval.

4.6 METODEDISKUSSION

4.6.1 FELT:

På nogle af lokaliteterne er der vegetation på overfladen. Det øverste lag af vegetationen er fjernet når jordprøven tages, det vil sige, at den reelt er taget jordprøve i 1 til 5 centimeters dybde. De steder hvor der ikke er vegetation på overfladen er jordprøven de fleste gange taget i overfladen. Dette skaber nogle usikkerheder, da der i nogle tilfælde graves en centimeter af jorden, mens der i andre tilfælde ikke gør.

Derudover er der nogle steder hvor vegetationslaget på overfladen, er så tykt, at det afskærmer jorden fra saltet.

På to af lokaliteterne (A1 og C1) er der autoværn, som højest sandsynligt har indflydelse på hvordan saltet spredes i den omkringliggende natur.

4.6.2 LABORATORIE

Til bestemmelse af konduktivitet bruges filtret Whatman GF/D 70 mm, der er dog nogle usikkerheder forbundet med dette filter, da det har indflydelse på prøveresultatet. Der blev lavet seks undersøgelser, hvor konduktiviteten blev målt før og efter filtrering med demineraliseret vand. Målingen inden filtreringen viste 0,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og målingerne efter filtreringen viste mellem 10,1 og 12,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Bilag C). Analysen blev også foretaget ved flere af jordprøverne, hvor resultatet var det samme som med det demineraliserede vand. Hvilket betyder, at konduktiviteten i jordprøverne stiger med cirka 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ efter filtreringen. En af grundene til at konduktiviteten stiger når prøverne filtreres, kan være fordi filteret ikke er helt rent og der derved tilføres urenheder til filtret/jordprøverne.

Jordprøverne rystes vertikalt og ikke horisontalt, som de skal ifølge standardmetoden (EN 0000:2003) (CEN et al., 2005), da bøtterne ikke er 100 procent tætte. Dette kan have en indflydelse på om jorden og væsken blandes helt. Derudover vaskes bøtterne i hånden i demineraliseret vand. Bøtterne vaskes efter bedste evne, men der kan alligevel sidde rester tilbage efter vask, hvilket kan påvirke konduktiviteten

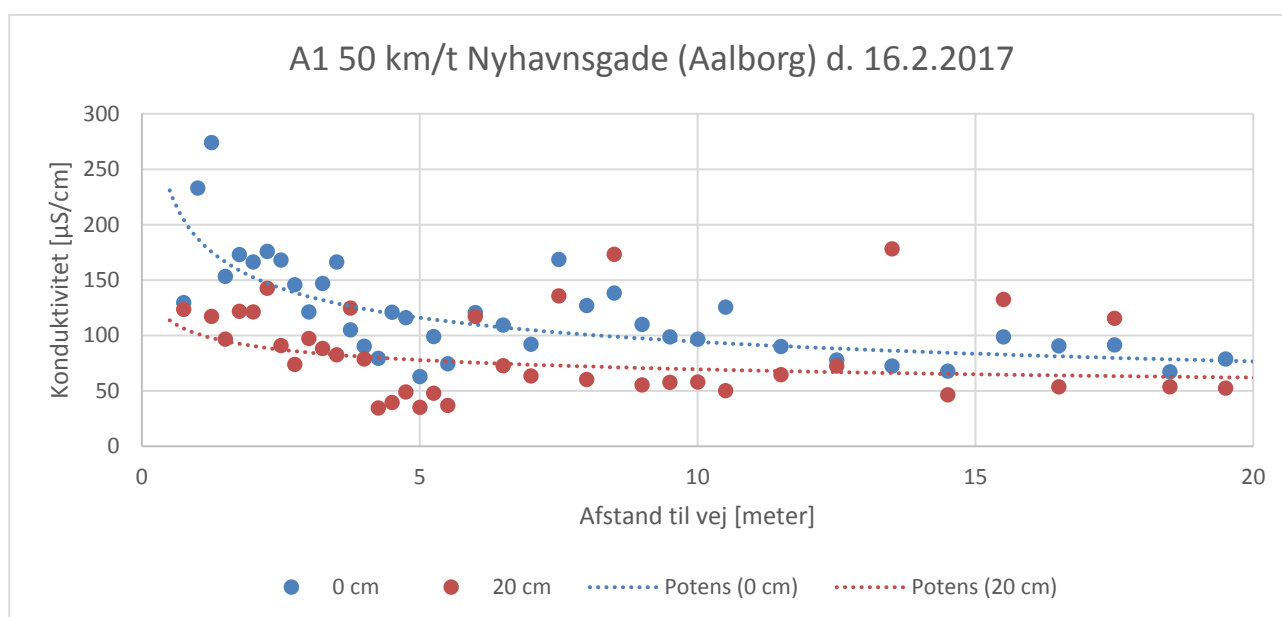
5 RESULTATER

I dette afsnit ses resultaterne for alle lokaliteter og der analyseres om der er en sammenhæng mellem konduktiviteten i jorden og afstanden til vejen. Jordprøverne er delt ind i sektorer for at gøre det mere overskueligt, hvilke jordprøver der henvises til. Sektorerne er delt ind på følgende måder:

- Sektor 1: 0 – 5 meter fra vejen
- Sektor 2: 5 – 10 meter fra vejen
- Sektor 3: 10 – 15 meter fra vejen
- Sektor 4: 15 – 20 meter fra vejen
- Sektor 5: 20 – 25 meter fra vejen
- Sektor 6: 25 – 30 meter fra vejen
- Sektor 7: 30 – 35 meter fra vejen
- Sektor 8: 35 – 40 meter fra vejen

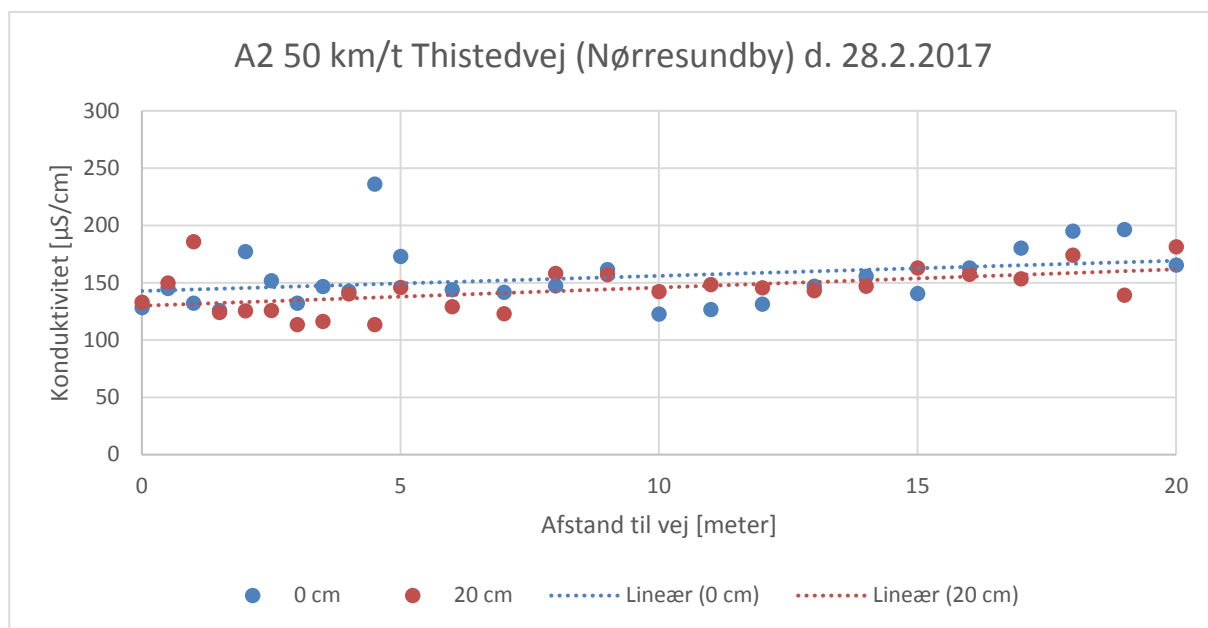
5.1 KONDUKTIVITET PÅ ALLE LOKALITETER

Der er udvalgt syv lokaliteter, hvor der er undersøgt, hvor langt væk vejsaltet kommer fra vejen. Der er taget jordprøver i forskellige afstande til vejen og i to dybder (se kapitel 4.3).



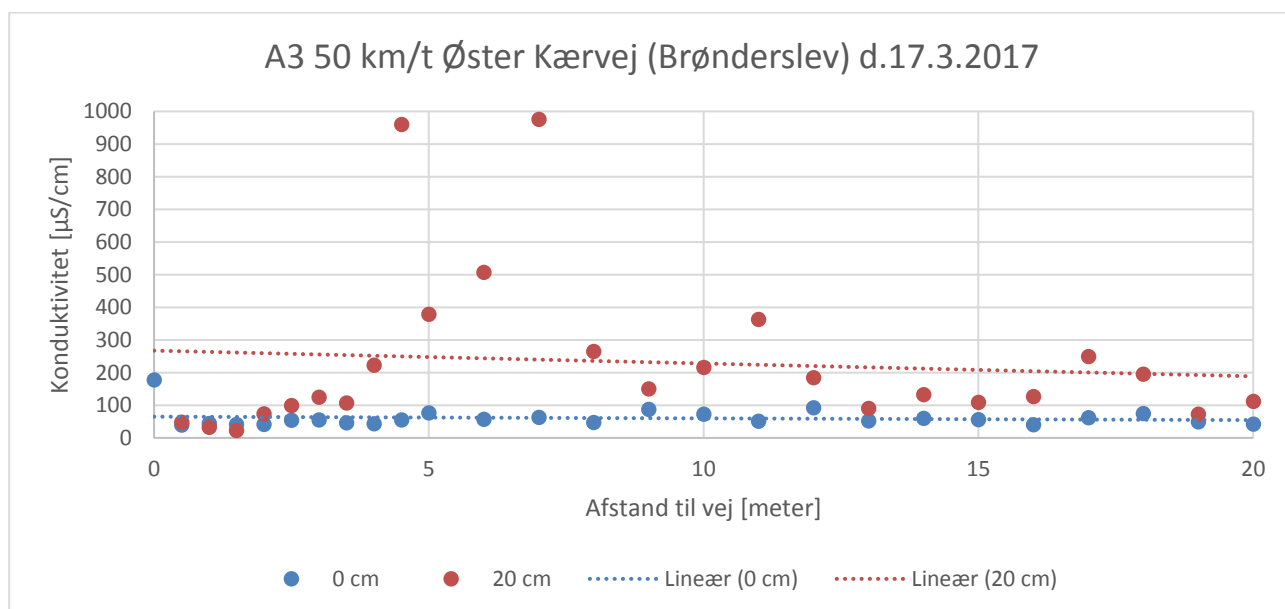
Figur 5.1: viser konduktiviteten i forskellige afstande til Nyhavnsgrade i Aalborg d. 16.2.2017.

På figur 5.1 ses det, at konduktiviteten i gennemsnit falder med afstanden til vejen, både i top- og underjorden, det ses dog, at konduktiviteten falder mest i topjorden. I sektor 1 ses det, at konduktiviteten falder og at konduktiviteten generelt er højere nær overfladen. I sektor 2 stiger konduktiviteten og så falder den igen ned til samme niveau. I sektor 3 og 4 er der ikke stor forskel på top- og underjorden. Der er en signifikant forskel mellem sektor 1 og 3 og mellem sektor 1 og 4 i topjorden (Bilag D).



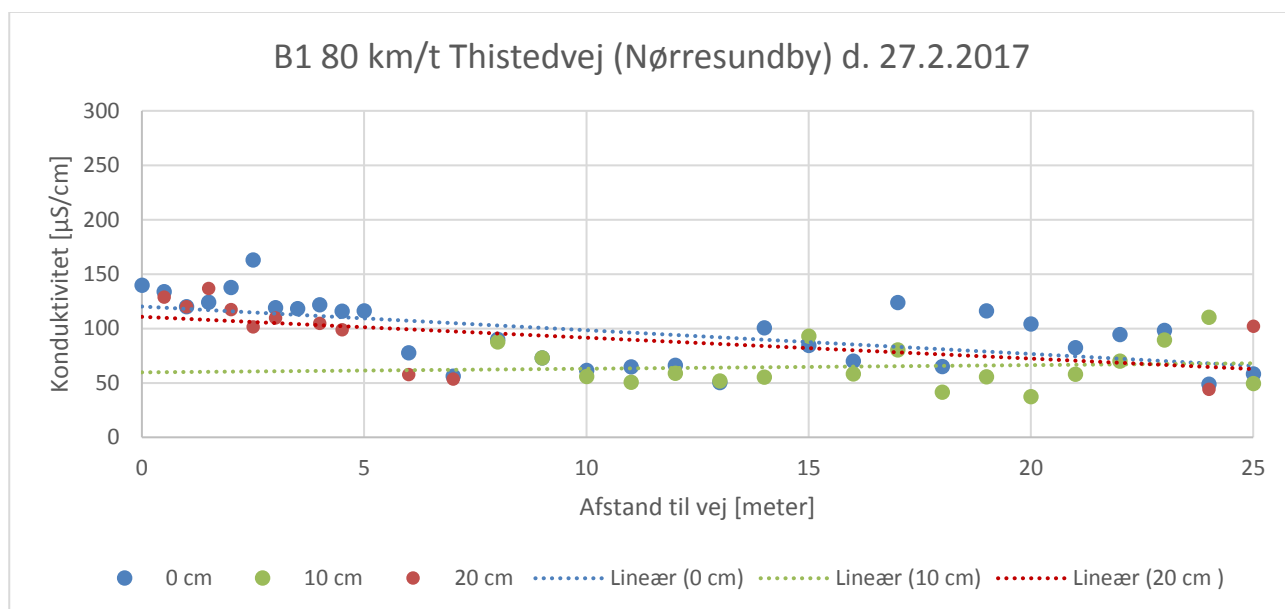
Figur 5.2: viser konduktiviteten i forskellige afstande til Thistedvej i Nørresundby d. 28.2.2017.

På figur 5.2 ses det, at der er en svag tendens til at konduktiviteten stiger med afstanden til vejen både i top- og underjorden. Der er størst variation i konduktivetsmålingerne i sektor 1. Sektor 2 og 3 ligner hinanden og konduktiviteten er stort set stabil og der er næsten ingen forskel på top- og underjord. I Sektor 4 stiger konduktiviteten for både top- og underjorden. Der er ikke nogen signifikant forskel hverken i top- og underjorden (Bilag D).



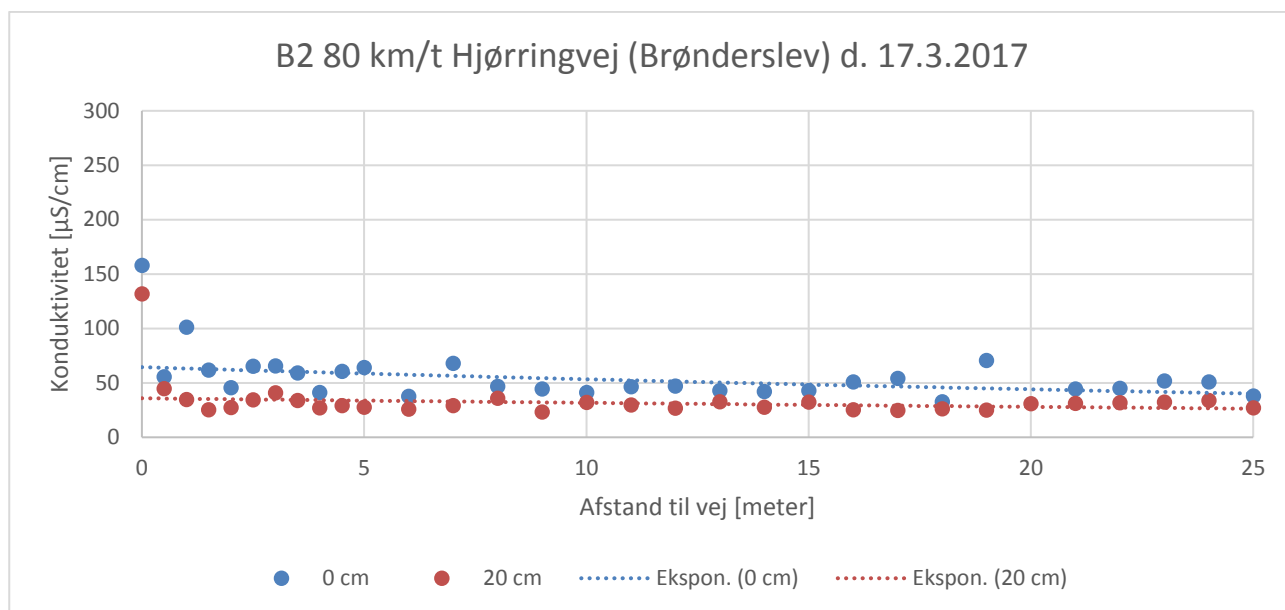
Figur 5.3: viser konduktiviteten i forskellige afstande til Øster Kærvej i Brønderslev d. 17.3.2017.

På figur 5.3 er nogle af konduktivitetsmålingerne i topjorden meget høje i forhold til figur 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6 og 5.7, underjorden derimod ligger stabilt omkring 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der er dog en tendens i underjorden, der viser, at konduktiviteten falder lidt med afstanden til vejen. Den højeste konduktivitetsmåling på figur 5.3 er 974 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Selv hvis to de højest målinger fjernes er niveauet i topjorden nogen steder signifikant højere end underjorden. I slutningen af sektor 1 stiger konduktiviteten i topjorden, denne konduktivitet topper i starten af sektor 2 og falder ned til underjordsniveau i slutningen af sektor 2. Derefter stiger konduktiviteten med det samme igen og topper i starten af sektor 3 og falder ned til underjordens niveau i midten af sektor 3. I starten af sektor 4 stiger konduktiviteten lidt og falder hurtigt igen. Der er dog en tendens til at konduktiviteten falder med afstanden til vejen. Der findes ikke nogen signifikante forskelle i sektorernes middelværdier i hverken top- eller underjord (Bilag D).



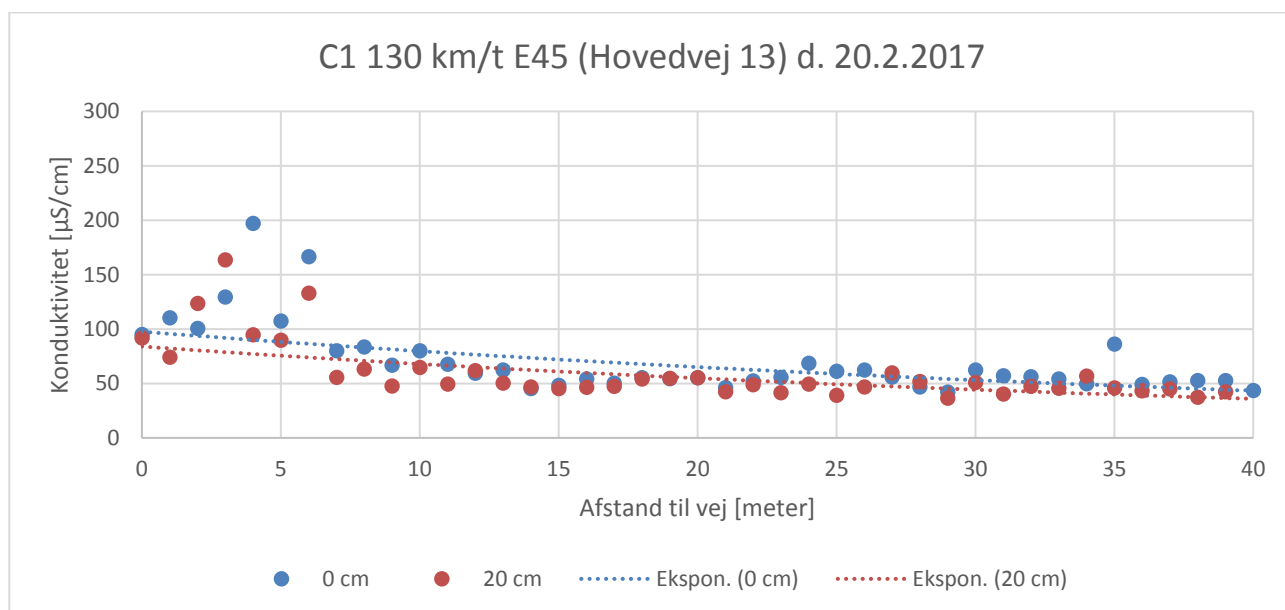
Figur 5.4: viser konduktiviteten i forskellige afstande til Thistedvej i Nørresundby d. 27.2.2017.

Tendensen på figur 5.4 er, at konduktiviteten falder i både top- og underjord, men at konduktiviteten i B1 10 cm stiger med afstanden til vejen. I de første to sektorer falder konduktiviteten i både top- og underjorden. I sektor 3 er konduktiviteten stabil og i de to sidste sektorer er der små udsving i konduktiviteten. Konduktiviteten i topjorden i sektor 4 er på samme niveau som i sektor 1. Konduktiviteten i underjorden i sektor 5 stiger til næsten samme niveau som i sektor 1. Der ses en signifikant forskel i topjorden mellem sektor 1 og 2, sektor 1 og 3, sektor 1 og 4 og sektor 1 og 5. Der er ikke nogen signifikante forskelle mellem sektorerne i B1 10 cm, i underjorden ses der dog en signifikant forskel mellem sektor 1 og 2 og sektor 1 og 5 (Bilag D). Grunden til, at der ses en signifikant forskel i underjorden, kan være fordi der er få målinger i sektor 2 og 5.



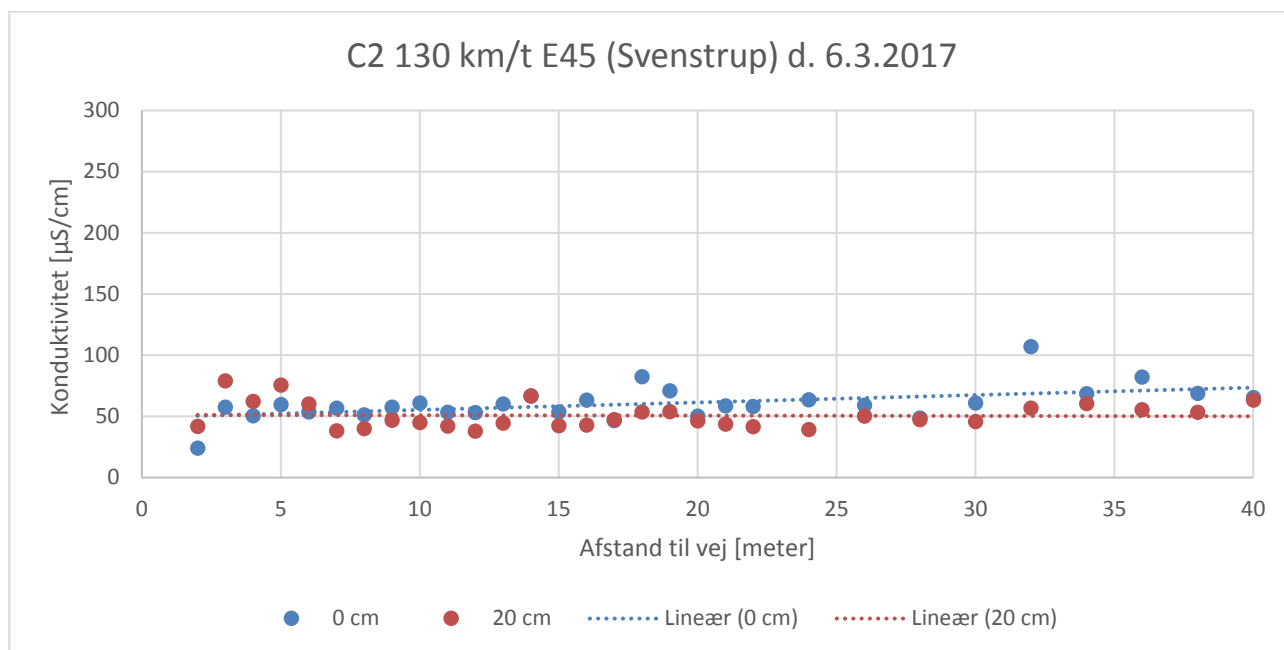
Figur 5.5: viser konduktiviteten i forskellige afstande til Hjørringvej ved Brønderslev d. 17.3.2017.

På figur 5.5 ses det, at konduktiviteten i top- og underjorden falder med afstanden til vejen. Konduktiviteten er højest i den første tredjedel af sektor 1 og falder derefter til et konstant niveau i sektor 1 til 5. Forskellen på konduktiviteten i top- og underjord er lille, men konduktiviteten i topjorden er altid højere end i underjorden i alle sektorer. Der er ikke nogen signifikant forskel på sektorerne i hverken top- eller underjorden (Bilag D).



Figur 5.6: viser konduktiviteten i forskellige afstande til E45 ved Hovedvej 13 d. 20.2.2017.

Figur 5.6 viser, at der er en tendens til, at konduktiviteten falder med afstanden fra vejen. Konduktiviteten stiger i sektor 1 og falder i sektor 2. I sektor 3 til 8 er konduktiviteten i top- og underjorden konstant, og der er næsten ingen forskel på konduktiviteten i top- og underjorden. Der er både i top- og underjorden signifikant forskel på sektor 1 og de resterende sektorer (Bilag D).



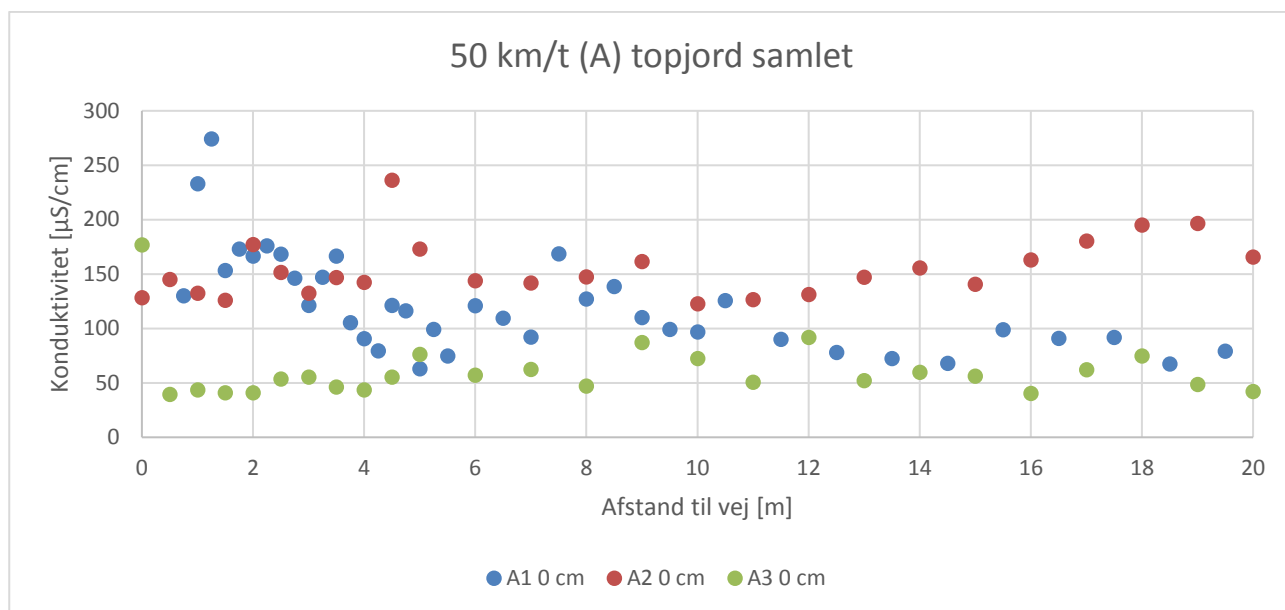
Figur 5.7: viser konduktiviteten i forskellige afstande til E45 ved Svenstrup d. 6.3.2017

På figur 5.7 ses det, at konduktiviteten er næsten konstant i alle sektorer, der er dog en tendens til, at konduktiviteten stiger med afstanden til vejen i topjorden, og i underjorden er konduktiviteten næsten konstant. Der er en signifikant forskel på sektor 7 og 1 og sektor 7 og 2 i topjorden (Bilag D).

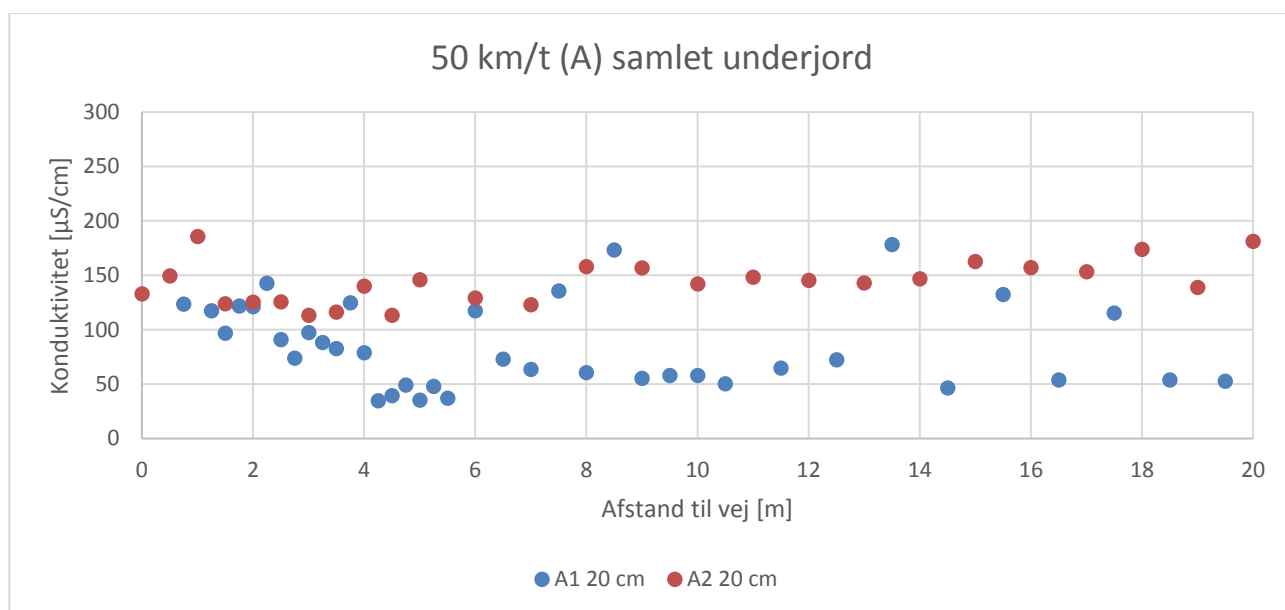
5.2 SAMMENHÆNGE MELLEM KONDUKTIVITETEN PÅ DE SYV LOKALITETER

De forskellige typer af veje, ser umiddelbart meget forskellige ud (se kapitel 5.1), derved er det spændende at se på, om der er sammenhænge mellem konduktiviteten på de syv lokaliteter. I alle sammenligninger er "A3 20 cm" udeladt, da værdierne er væsentlig højere end alle andre målinger, hvilket betyder, at der ikke kan ses nogen sammenhæng mellem "A3 20 cm" og de andre målinger.

Det undersøges om der en sammenhæng mellem hvor hurtigt, der bliver kørt på vejen og intervallet konduktiviteten ligger indenfor. Figur 5.8 og 5.9 viser konduktiviteten for A1, A2 og A3 (50 km/t) i henholdsvis top- og underjorden.



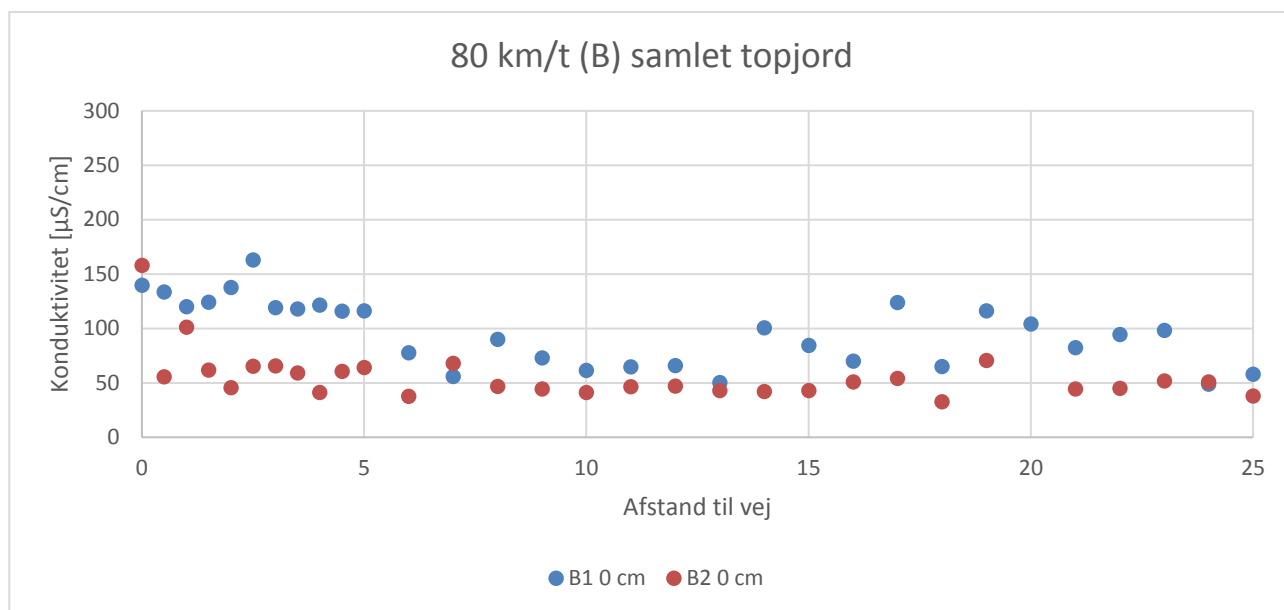
Figur 5.8: viser konduktiviteten for topjorden i A1, A2 og A3.



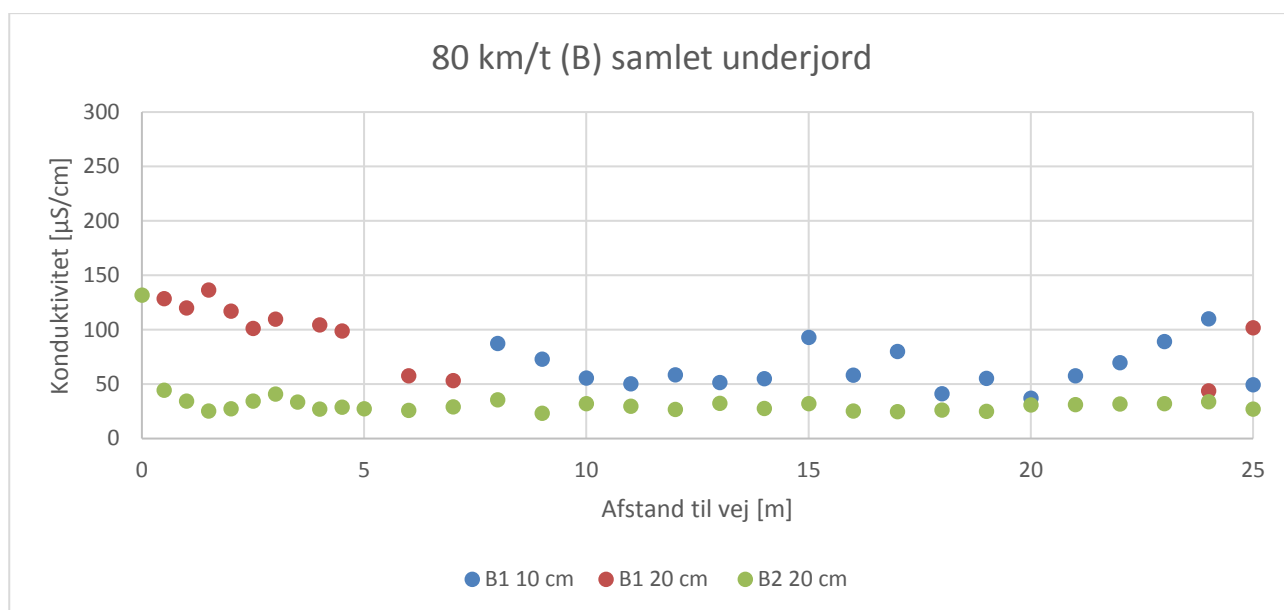
Figur 5.9: viser konduktiviteten for underjorden i A1, A2 og A3.

Figur 5.8 og 5.9 viser, at målingerne ligger relativt spredt og, at der er en forholdsvis stor variation i konduktivetsmålingerne på veje, hvor hastigheden er 50 km/t både i top- eller underjord. Intervallet ligger cirka fra 50 til 200 $\mu\text{S/cm}$ på figur 5.8 og 5.9.

Figur 5.10 og 5.11 viser konduktiviteten for alle B1 og B2 (80 km/t) i henholdsvis top- og underjord.



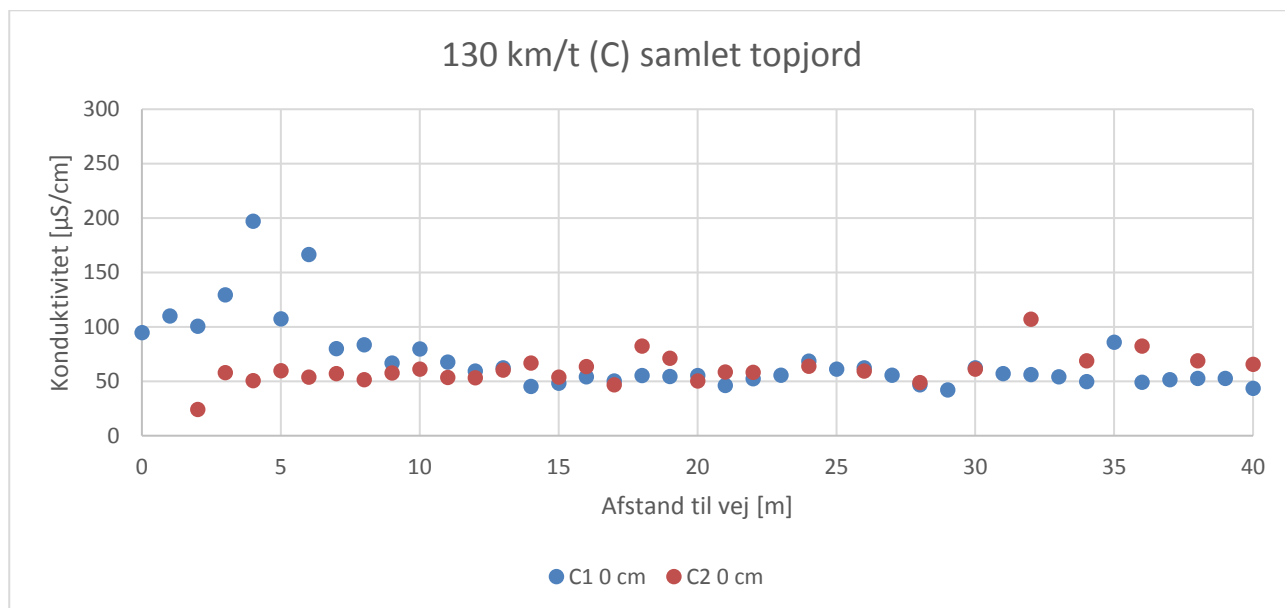
Figur 5.10: viser konduktiviteten for topjorden i B1 og B2.



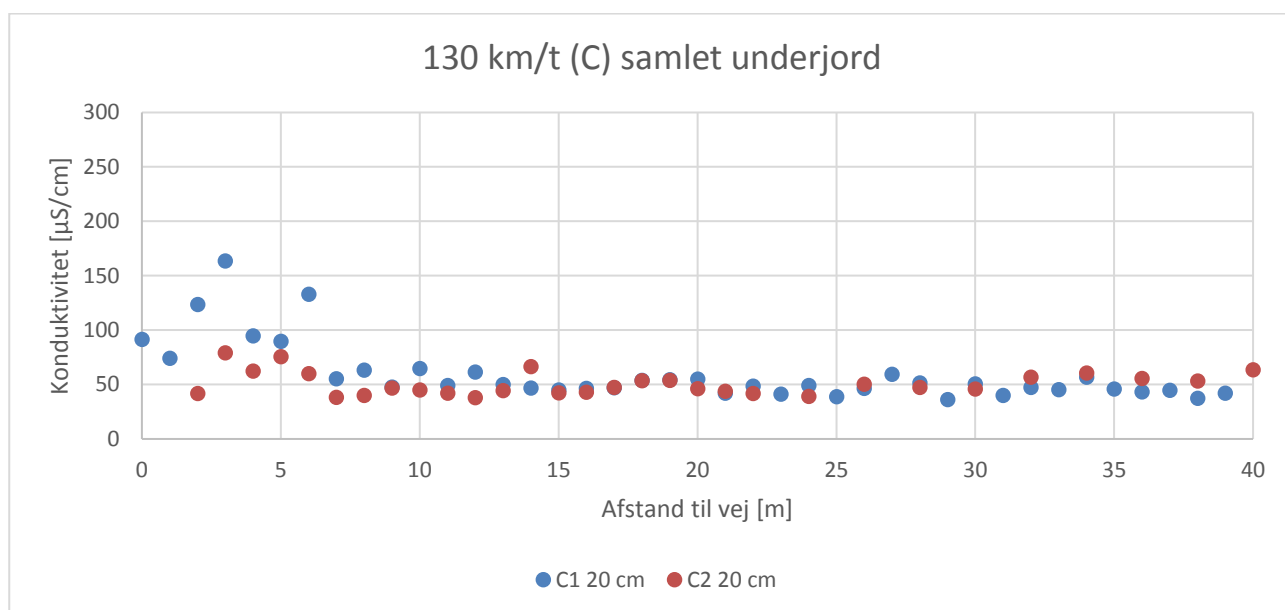
Figur 5.11: viser konduktiviteten for underjorden i B1 og B2.

På figur 5.10 er variationen i målingerne mindst i topjorden i sektor 2 og 3, hvorimod variationen i målingerne er større i sektor 1. I sektor 4 og 5 er konduktivetsmålingerne forholdsvis ens, i sektor 2 og 3 er variationen i konduktivetsmålingerne dog mindre. Konduktiviteten er relativ spredt (50 – 150 $\mu\text{S/cm}$) på figur 5.10. Konduktiviteten i underjorden på lokaliteten B2 generelt er lavere end underjorden på lokaliteten B1. Variationen i målingerne på figur 5.11 i sektor 2 til 4 er lille, da alle målingerne ligger omkring 50 $\mu\text{S/cm}$.

Figur 5.12 og 5.13 viser konduktiviteten for C1 og C2 (130 km/t) i henholdsvis top- og underjorden.



Figur 5.12: viser konduktiviteten for C1 og C2.



Figur 5.13: viser konduktiviteten for C1 og C2.

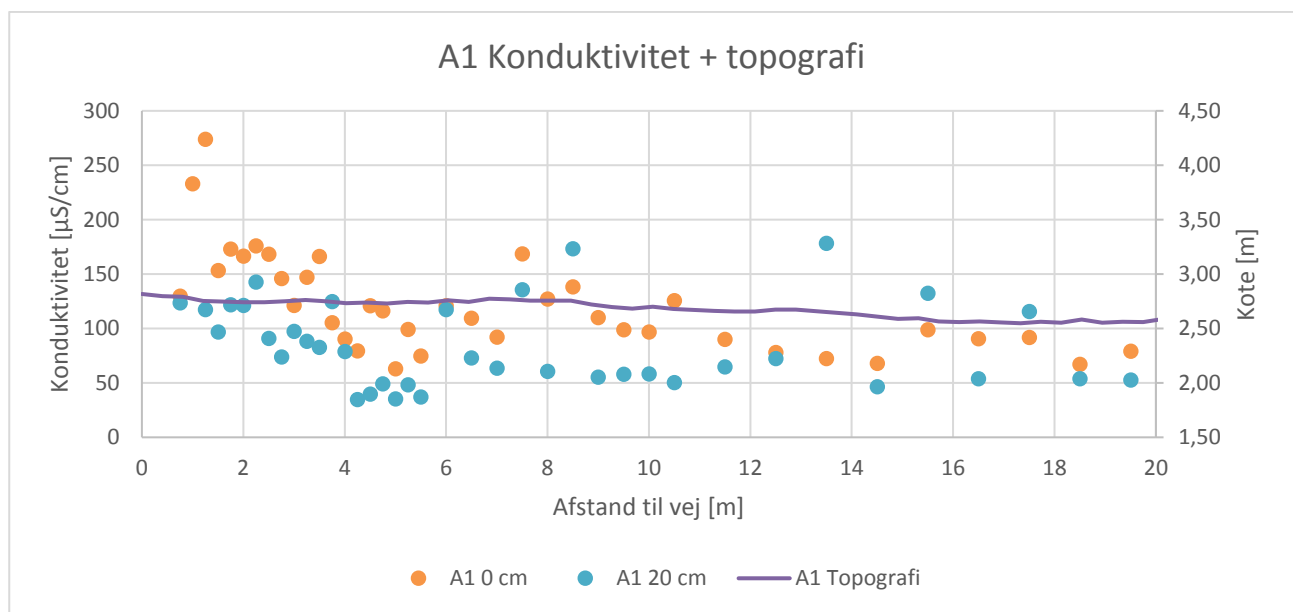
På figur 5.12 og 5.13 ses der en lille variation i målingerne i sektor 3 til 8. Gældende for figur 5.12 og 5.13 er, at variationen i sektor 1 og frem til midten af sektor 2 er forholdsvis stor. Efter sektor 2 stabiliseres konduktiviteten ved cirka 50 μS/cm.

Det ses derved, at der er relativt store variationer i konduktivitetsmålingerne i sektor 1 ligegyldig hvad hastigheden på vejen er. Generelt er variationen i konduktivitetsmålingerne for A1, A2 og A3 forholdsvis store, hvilket gør at der ikke ses nogen tendens til, at der er en sammenhæng mellem hastigheden på vejen og konduktiviteten. For B1 og B2 er variationen i målingerne mindre end ved A1, A2 og A3 efter sektor 1. Variationen i konduktivitetsmålingerne på C1 og C2 er små og de har stort set samme konduktivitet efter sektor 1.

Da der ikke umiddelbart ses nogen sammenhæng mellem konduktiviteten og hastigheden på vejen, er det interessant at se på, om der er andre faktorer, der påvirker konduktiviteten på lokaliteterne.

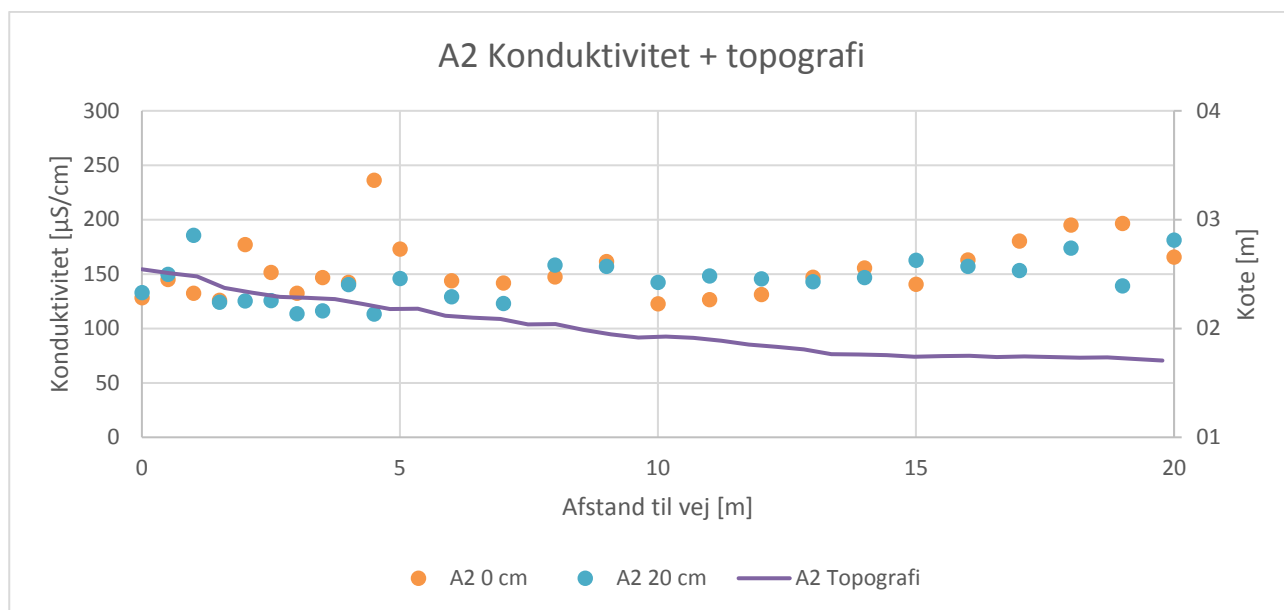
5.3 KONDUKTIVITET I FORHOLD TIL TOPOGRAFI

Det er interessant at se på om der er en sammenhæng mellem konduktiviteten og topografien på lokaliteterne.



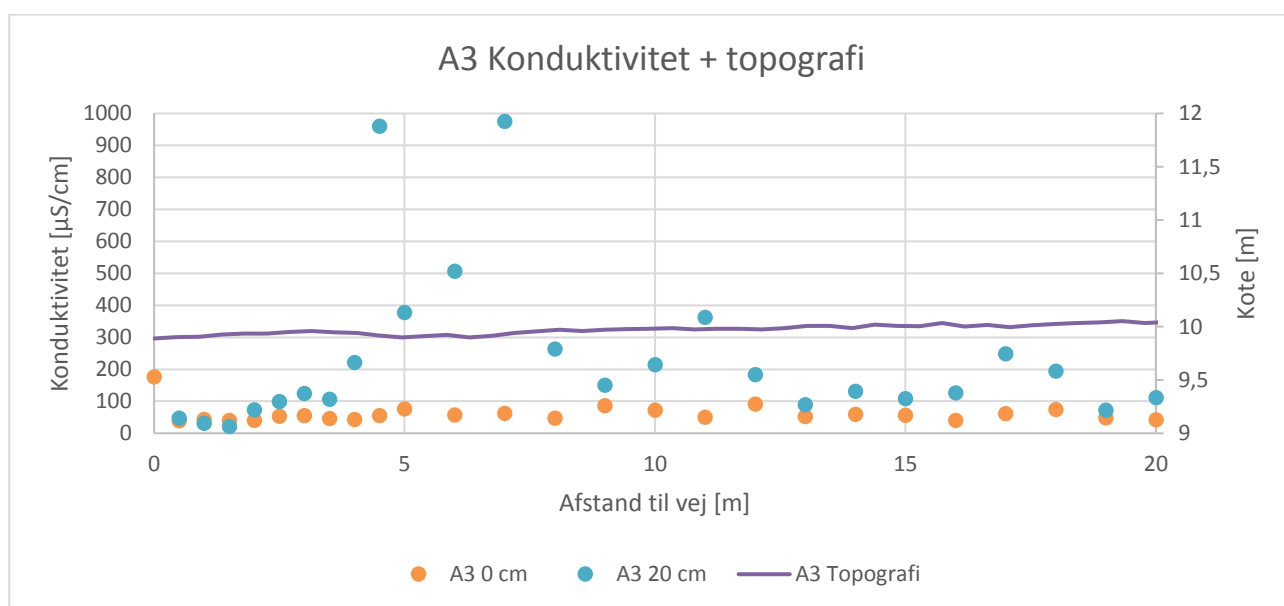
Figur 5.14: viser konduktiviteten for A1 (primær akse) og topografien, hvor jordprøverne er taget (sekundær akse)

Figur 5.14 viser, at terrænet falder lidt med afstanden til vejen. Der er forholdsvis store udsving i konduktiviteten, hvilket der ikke er i topografien. Derved ses der ikke nogen tydelig sammenhæng mellem konduktiviteten og topografien på lokaliteten A1.



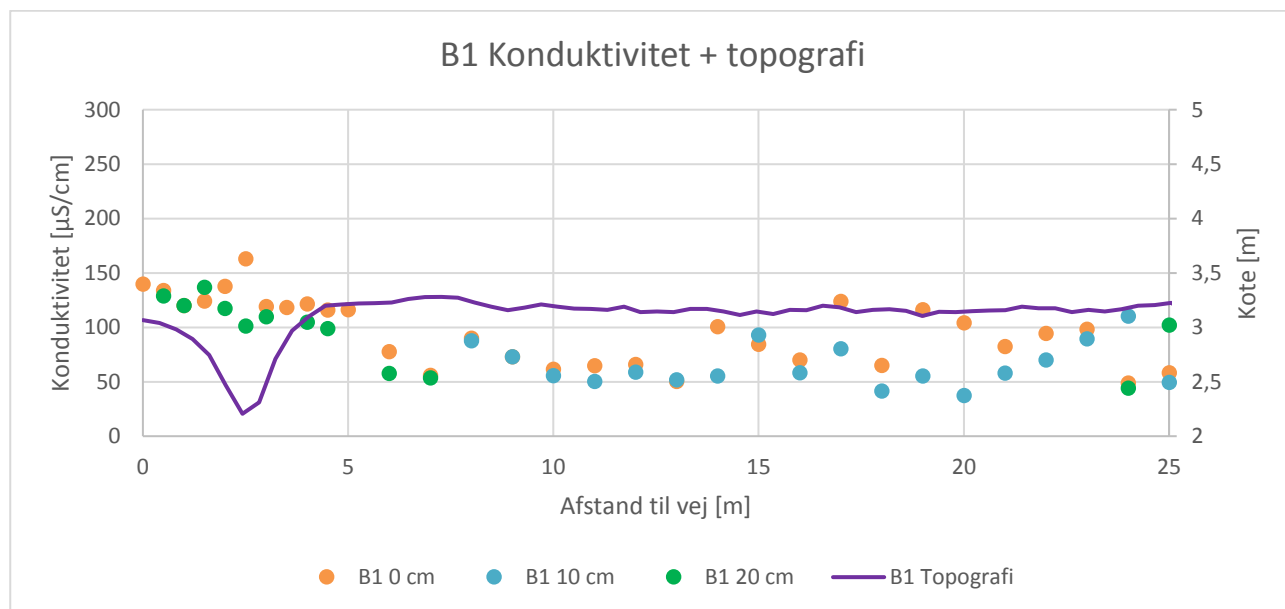
Figur 5.15: viser konduktiviteten for A2 (primær akse) og topografien, hvor jordprøverne er taget (sekundær akse)

Figur 5.15 viser, at terrænet falder med afstanden til vejen, hvorimod konduktiviteten stiger lidt med afstanden til vejen. Grunden til dette kan være, at når der falder meget nedbør og jorden er vandmættet, vil vandet løbe ovenpå jorden til lavereliggende områder. Derved kan det også være nedbør fra vejen (*run-off*), der ender i de lavereliggende områder. Dette kan være en af grundene til at konduktiviteten stiger når koten falder.



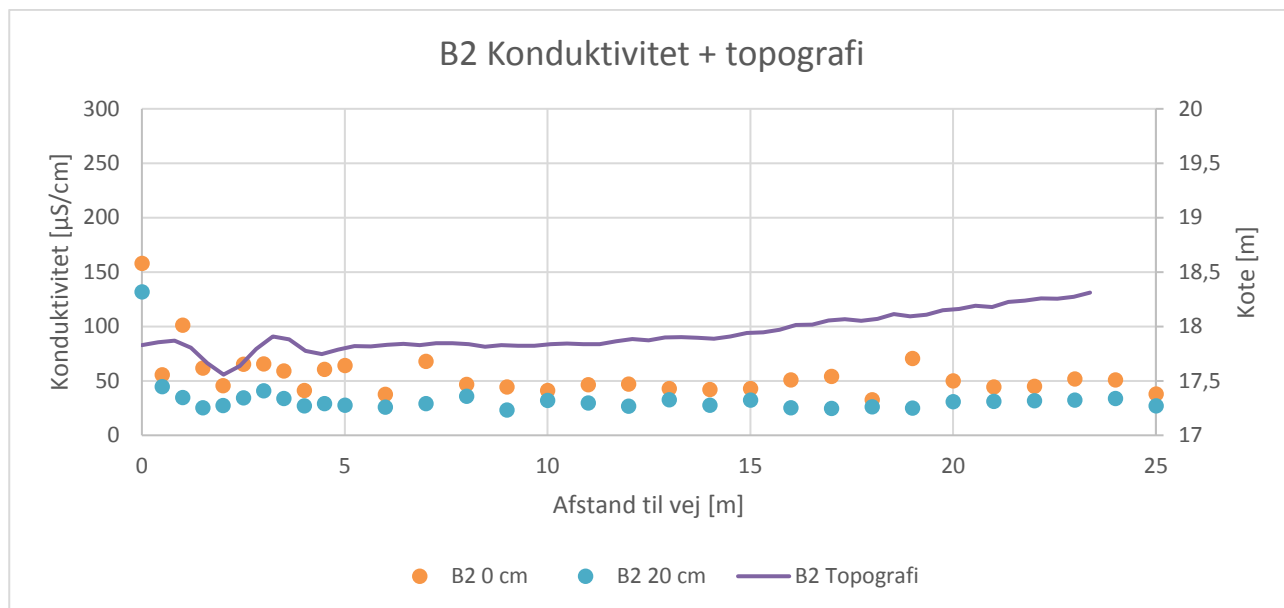
Figur 5.16: viser konduktiviteten for A3 (primær akse) og topografien, hvor jordprøverne er taget (sekundær akse)

På figur 5.16 ses der ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem konduktiviteten og underjorden. Terrænet ændres næsten ikke med afstanden til vejen, hvilket stemmer overens med konduktiviteten for topjorden.



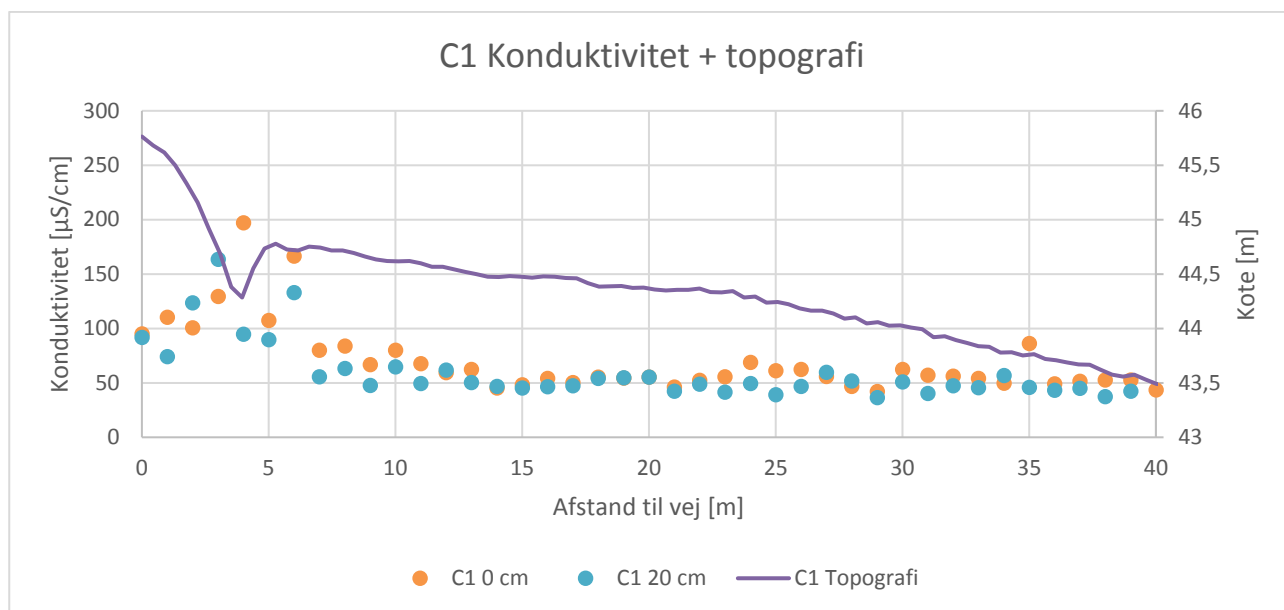
Figur 5.17: viser konduktiviteten for B1 (primær akse) og topografien, hvor jordprøverne er taget (sekundær akse)

På figur 5.17 ses det i sektor 1, at konduktiviteten i topjorden stiger samtidig med, at der er en grøft i terrænet. Derved ser det ud som om, at saltet ender i grøften og, at det bliver vasket ud af jorden eller ført med vandet i grøften, da der kun er små udsving i underjorden. I Sektor 2 til 5 er terrænet næsten konstant, hvilket konduktiviteten ikke er. Derved ser det ud som om, at der er en sammenhæng mellem topografien og konduktiviteten i forbindelse med grøften og ikke på resten af lokaliteten.



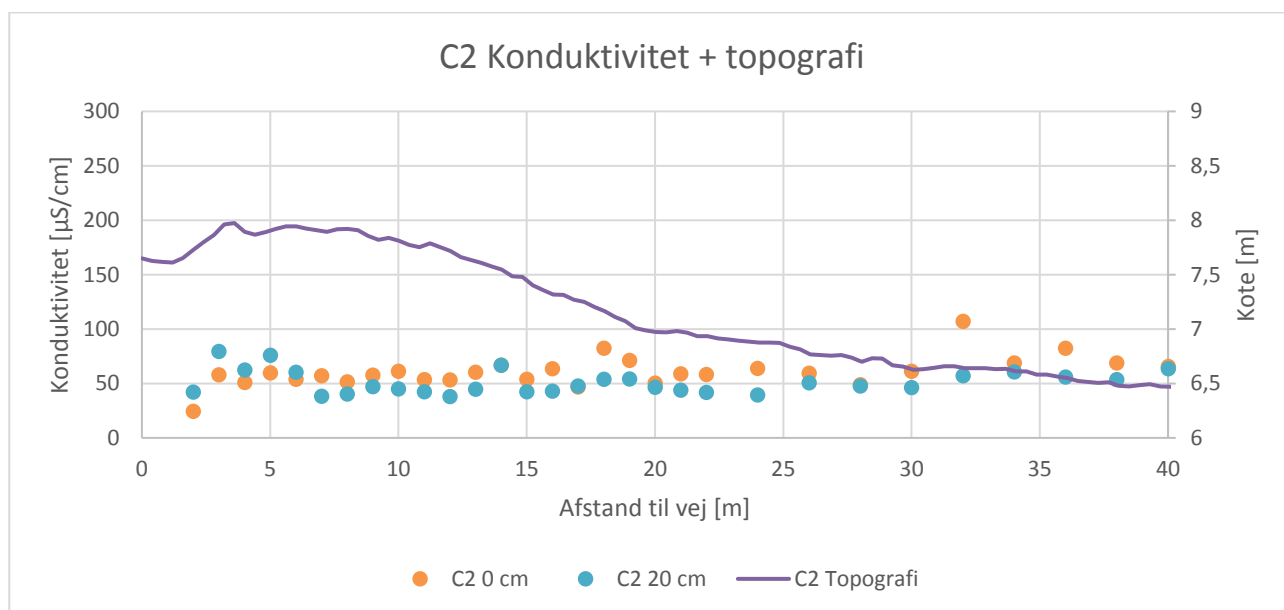
Figur 5.18: viser konduktiviteten for B2 (primær akse) og topografien, hvor jordprøverne er taget (sekundær akse)

I sektor 1 efter de første 2 meter fra vejen på figur 5.18 følger konduktiviteten og terrænet nogenlunde hinanden. Konduktiviteten falder i bunden af grøften både i top- og underjorden. Dybden i grøften er meget lille og bærer ikke præg af, at der normalt løber vand, hvilket kan være grunden til, at denne lokalitet ser anderledes ud end de andre med grøfter. Der er meget små udsving i konduktiviteten, så det er svært at sige, hvad der skyldes denne tendens. En grund kunne være, at det der spredes på denne lokalitet hovedsageligt er ved hjælp af *splash-off*, hvilket betyder, at saltet bliver sprøjtet væk fra vejen og derved ender på den modsatte side af grøften væk fra vejen. Denne tendens ses igen omkring fire meter fra vejen, hvor der er en lille forhøjning i terrænet. Efter denne lille forhøjning falder konduktiviteten. Konduktiviteten stiger igen efter fordybningen omkring 5 meter fra vejen. I sektor 3 til 5 stiger terrænet og konduktiviteten ændres ikke. Dette kan blandt andet skyldes, at der ikke er salt så langt fra vejen, da konduktiviteten er næsten konstant omkring 50 µS/cm fra midten af sektor 2.



Figur 5.19: viser konduktiviteten for C1 (primær akse) og topografien, hvor jordprøverne er taget (sekundær akse)

På figur 5.19 ses det, at der er en grøft i sektor 1, hvilket også kan ses i konduktiviteten, da konduktiviteten stiger i forbindelse med grøften. Den højeste konduktivetsmåling i topjorden er målt i bunden af grøften. Derved ser det ud som om, at det meste af saltet ender i og omkring grøften, da konduktiviteten hurtigt efter grøften stabiliseres.



Figur 5.20: viser konduktiviteten for C2 (primær akse) og topografien, hvor jordprøverne er taget (sekundær akse)

På figur 5.20 ses det, at der er en lille forhøjning 2 til 4 meter fra vejen. Konduktiviteten stiger en lille smule i forbindelse med forhøjningen og falder igen efter forhøjningen. Disse tendenser er dog så små at, det er svært at sige, om det har noget med topografien at gøre. Fra sektor 3 falder terrænet, mens der ikke ses nogen markant forskel i konduktiviteten.

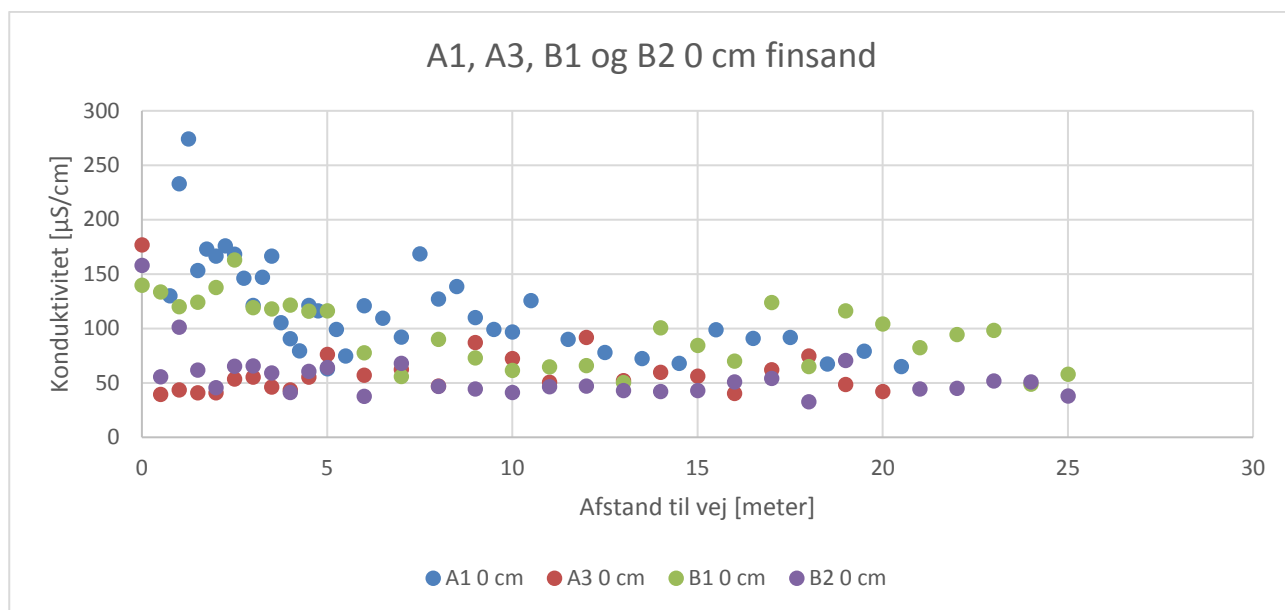
Generelt ses der en større sammenhæng mellem konduktiviteten og terrænet tæt på vejen, end langt fra vejen. På de tre lokaliteter med en grøft, kan der i de fleste tilfælde ses en sammenhæng mellem konduktiviteten og terrænet. Men det ser ikke ud som om, at terrænet har afgørende betydning for hvor langt ud saltet kommer fra vejen. Derfor er det interessant at se på, om jordtypen og det organiske indhold i jorden har en større betydning for konduktiviteten i jorden.

5.4 KONDUKTIVITET I FORHOLD TIL JORDTYPE

Der er udvalgt to jordprøver fra midten af hver sektor (top- og underjord), der er på disse jordprøver målt organiskindhold og lavet en sigteanalyse. Variationerne i det organiske indhold er stort set det samme ved alle lokaliteterne (Bilag E), hvilket betyder, at det ikke kan være grunden til at konduktiviteten variere relativt meget.

Jord er for det meste en blanding af mange jordtyper, hvilket også er glædende i dette tilfælde, hvilket betyder, at det kan være svært at definere jordtypen. Til at definere jordtypen i dette tilfælde, er jordtypen bestemt ud fra den største fraktion af partikler for hver jordprøve. Efterfølgende er der lavet et gennemsnit for hver lokalitet, hvilket har gjort det muligt at sammenligne konduktiviteten med jordtypen, da forskellige jordtyper har forskellig konduktivitet (se kapitel 1.6).

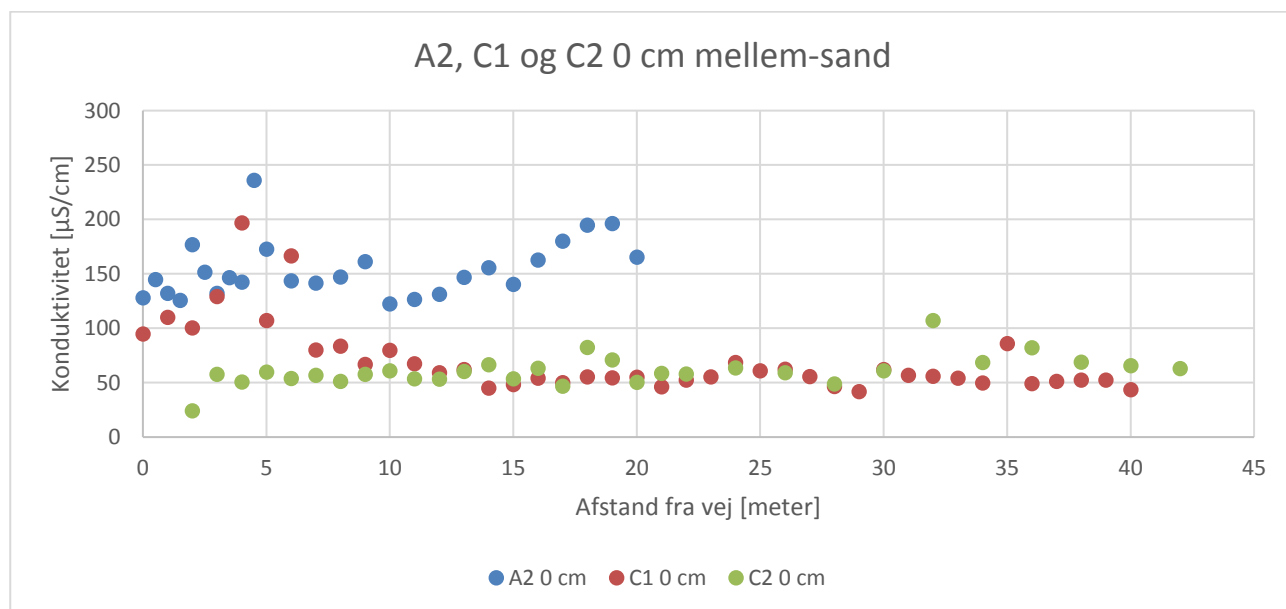
Figur 5.21 viser konduktiviteten for A1, A3, B1 og B2, som er kategoriseret som finsand (Bilag F).



Figur 5.21: viser konduktiviteten for lokaliteterne med finsand (A1, A3, B1 og B2).

Der er størst forskel i konduktiviteten i sektor 1, hvorefter bliver forskellen i konduktiviteten mindre. Der er dog ikke nogen tydelig sammenhæng mellem jordtypen og konduktiviteten.

Figur 5.22 viser konduktiviteten for A2, C1 og C2, der alle er defineret som mellem-sand (bilag F).



Figur 5.22: viser konduktiviteten for lokaliteterne med mellem-sand (A2, C1 og C2).

Konduktiviteten er generelt højere for A2 end C1 og C2, hvilket gør, at der ikke er nogen tydelig sammenhæng mellem konduktiviteten og jordtypen. A2 fremstod under prøvetagningen som meget fin sandet/siltet/leret, hvilket ikke ses i sigteanalysen (Bilag F).

Ud fra figur 1.15 har sand en konduktivitet fra 5 til 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, hvilket alle målingerne ligger indenfor (undtagen A2 20 cm). Da alle målingerne (undtagen A2 20 cm) ligger indenfor dette felt kan det ikke afkræftes, at der ikke er en sammenhæng mellem jordtypen og konduktiviteten. Men da intervallet er relativt stort, er det svært at se en klar tendens på figur 5.21 og 5.22.

Det er interessant at finde konduktiviteten i en jord, der ikke har fået tilført salt, da dette giver en ide om, hvad jordens naturlige konduktivitet er. Derfor er konduktiviteten og jorden undersøgt i et brakområde, der bærer præg af, at der ikke er blevet dyrket i mange år. Jordprøverne er taget i forholdsvis stor afstand til veje, hvor der bliver saltet (Bilag G).

Jorden i området er karakteriseret som finsand og har et organisk indhold på mellem 3,4 og 5,4 procent (Bilag G), hvilket er lavere end det der er blevet observeret på de andre lokaliteter (Bilag E).

Tabel 5.23 viser konduktiviteten ved de forskellige målinger.

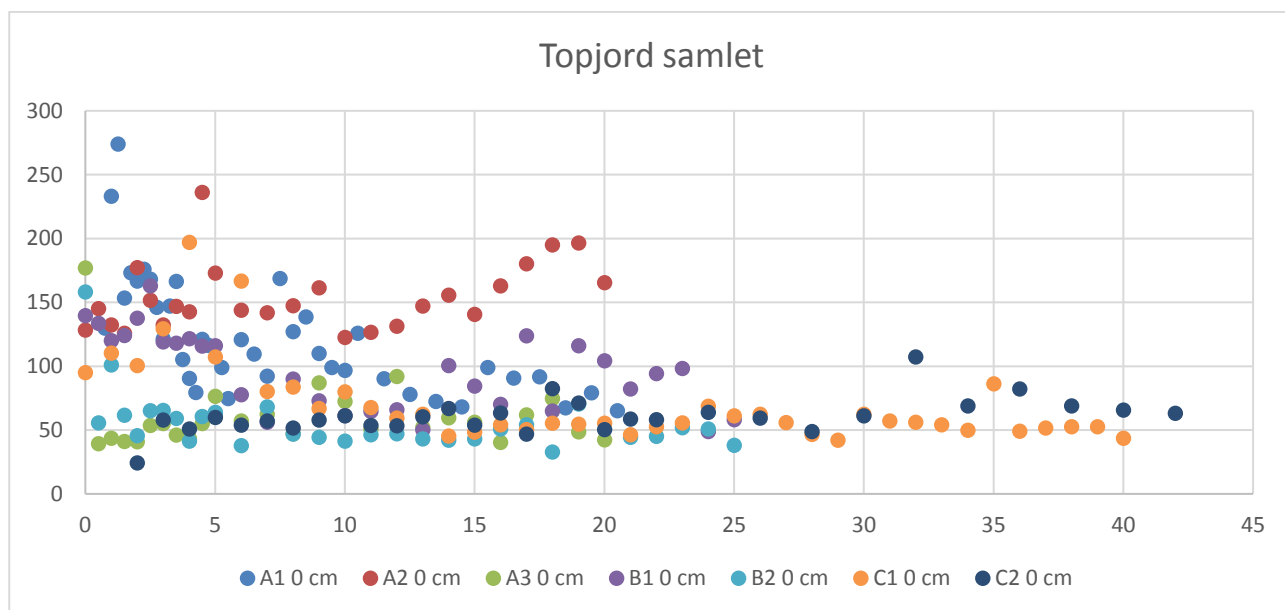
Brakområde ved Fakta i Aalborg Øst	0 cm (top)[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	20 cm (bund) [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Punkt 1	41,9	35,5
Punkt 2	48,2	52,4
Punkt 3	40,3	40,7
Punkt 4	58,6	32,9

Tabel 5.23: viser konduktiviteten for top- og underjord i fire punkter på et brakområde.

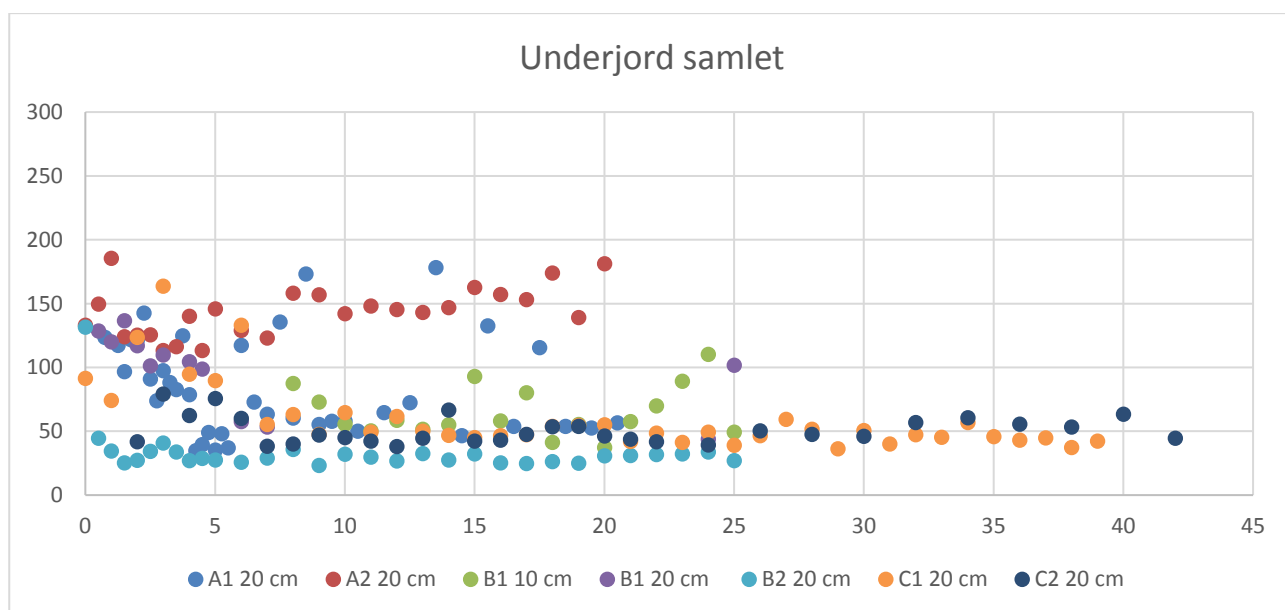
Dette giver en gennemsnits konduktivitet på 47,25 [$\mu\text{S}/\text{cm}$] for topjorden og en gennemsnits konduktivitet for underjorden på 40,38 [$\mu\text{S}/\text{cm}$].

Hvis det antages, at der overhovedet ikke er salt i jorden i tabel 5.23, og at der ikke er andet end jordtypen, der har indflydelse på konduktiviteten, så vil det af de finsandede topjorde kun være B2, hvor der ikke er salt tilstede. Hvis det antages at der ikke er forskel på konduktiviteten for mellem-sand og finsand, så vil der heller ikke være salt tilstede i topjorden i C2 og i C1 efter sektor 2.

Derudover er det interessant at se på om der er en sammenhæng mellem konduktiviteten i alle top- og underjorde



Figur 5.24: viser konduktiviteten for alle topjorde.



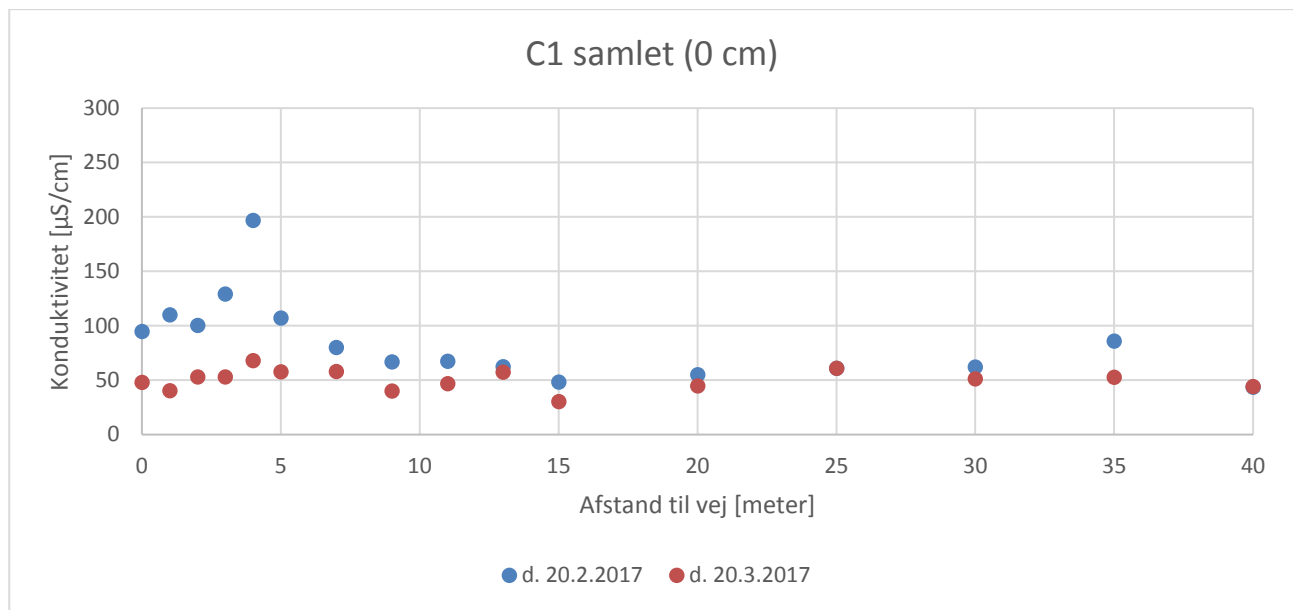
Figur 5.25: viser konduktiviteten for alle underjorde.

Der ses ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem konduktiviteten og jordprøverne der er taget i topjorden, da konduktiviteten er mellem 40 og 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Det samme gør sig gældende for alle underjorderne. Her er det dog især A1 20 cm og A2 20 cm, der trækker gennemsnitskonduktiviteten op. De fleste underjorde har en konduktivitet mellem 30 og 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$, hvilket er en smule lavere end for topjorderne. Hvis der ses bort fra A1 20 cm og A2 20 cm, har underjorderne en konduktivitet mellem 30 og 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ efter sektor 1.

5.5 KONDUKTIVITET I FORHOLD TIL PRØVETAGNINGSTIDSPUNKT

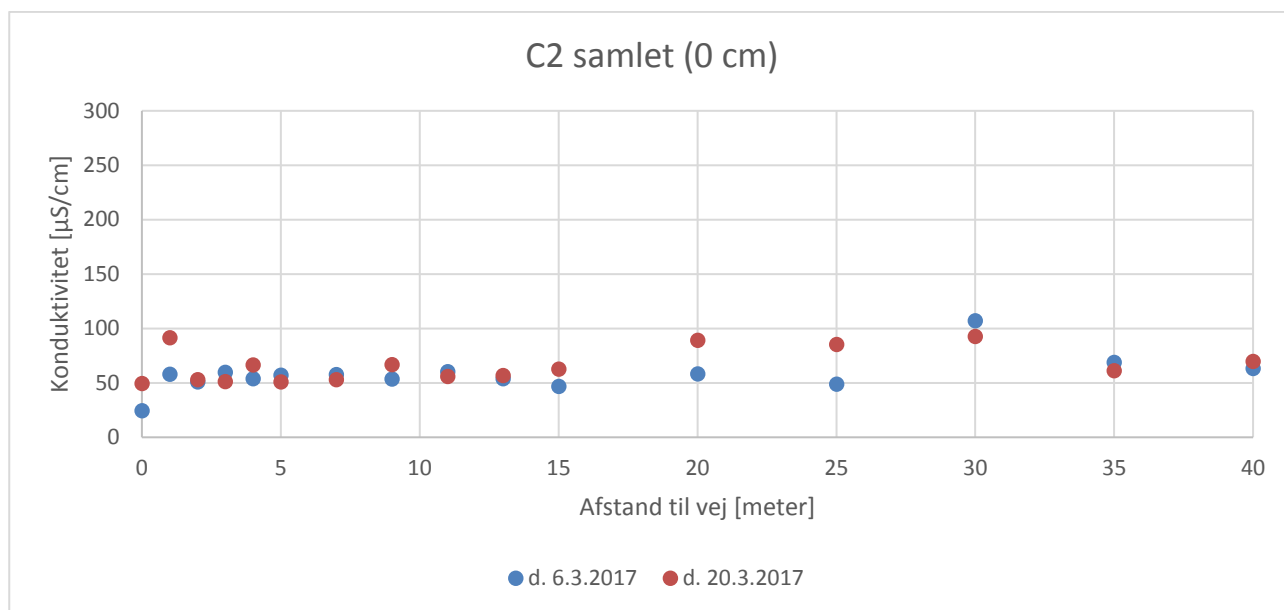
Det er undersøgt om der er en sammenhæng mellem konduktiviteten og hvornår jordprøverne er taget. Det undersøges derved om tidspunktet jordprøverne er taget på har indflydelse på konduktiviteten.

For at se om konduktiviteten i jorden ændres over tid, er der taget jordprøver igen på lokaliteterne C1 og C2 d. 20.3.2017 (figur 5.26 og 5.27).



Figur 5.26: viser konduktiviteten for C1 (0 cm) d. 20.2.2017 og d. 20.3.2017.

Figur 5.26 viser, at der er en forskel i sektor 1 til 3, hvor konduktiviteten er faldet fra d. 20.2.2017 og til d. 20.3.2017, herefter stabiliseres konduktiviteten.



Figur 5.27: viser konduktiviteten for C2 (0 cm) d. 6.3.2017 og d. 20.3.2017.

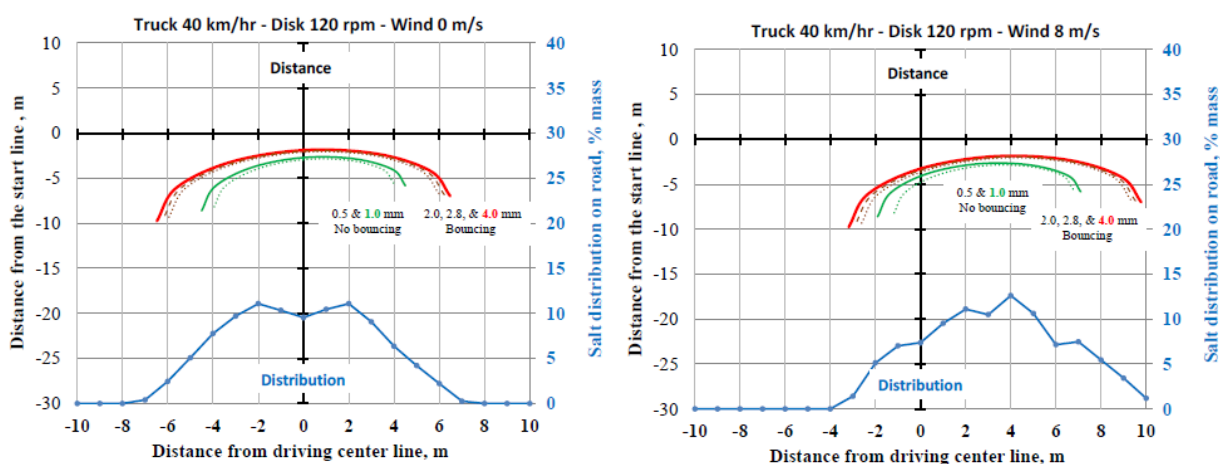
Figur 5.27 viser, at der stort set ikke er nogen forskel i konduktiviteten. Derved er der ikke nogen forskel fra d. 6.3.2017 til d. 20.3.2017.

Mellem målingerne ved C1 er der gået en måned, hvorimod der kun er gået to uger imellem prøvetagningen ved C2. Dette kan være grunden til, at der ikke ses en forskel, da perioden er for kort til at se en ændring. En anden faktor kan være, hvornår der saltes, hvilket betyder, at der ikke saltes så ofte i den sidste halvdel af marts, som i den sidste del af februar/første halvdel af marts. Det vil sige, at der måske ikke er salt tilbage i jorden d. 6.3.2017. Udviklingen på figur 5.26 stemmer overens med (figur 1.10), hvor det ses, at koncentrationen i jorden falder om foråret.

6 DISKUSSION AF RESULTATER

Resultaterne fra afsnit 5.1 viser, at der ikke umiddelbart er nogen sammenhæng mellem, den hastighed der køres med på vejen og hvor langt saltet kommer fra vejen. Det er et paradoks, at der ikke ses nogen tydelig sammenhæng, især fordi tidligere studier viser noget andet (se kapitel 2). Kan grunden til dette være, at saltningsmetoden er blevet mere effektiv de senere år og derfor ikke i samme grad påvirkes af den hastighed, der køres med under spredningen? Derudover antages det, at saltmetoderne er blevet mere præcise, på grund af bedre viden samt teknologiudvikling. Der benyttes kun sjældent tørsalt, da det ikke er muligt at opnå den samme præcision, som når tørsaltet er opblandet (se kapitel 1.3).

Vejsalt spredes blandt andet med vinden ved hjælp af *Blow-off* og *Spray-off* (se kapitel 1.3). På Engineering Centre Bygholm er det undersøgt, hvordan saltet bag en saltspreder bliver spredt, og hvordan sidevind påvirker spredningen (Strøm et al., 2016) Figur 6.1 og 6.2 viser fordelingen af salt med og uden sidevind (8 m/s):



Figur 6.1 og 6.2: viser fordelingen af salt, der bliver spredt ud med en saltspreder, der kører 40 km/t, samt spredningen i forhold til partikelstørrelse uden vind (venstre) og med en sidevind på 8 m/s (højre) (Strøm et al., 2016).

På figur 6.1 og 6.2 ses det tydeligt, at fordelingen på spredningen af salt ændres, når der er sidevind til stede. Derudover ses det også, at det er de største saltkorn, der spredes længst ud. Dette betyder, at saltningen forskydes, når det blæser (Strøm et al., 2016).

Vinden i Danmark kommer hovedsageligt fra vest (Cappelen og Jørgensen, ukendt årstal), hvilket betyder, at hvis vejen går nord-syd så vil der være større sandsynlighed for, at der er mere salt øst for vejen end vest for vejen. Lokaliteterne er udvalgt på baggrund af, at det skal være et relativt åbent område, hvilket gør, at

vinden får en større betydning for spredningen af saltet, end hvis området havde været tilgroet. B1, B2 og C2 er veje, der går nord-syd, A3 og C1 går nordøst-sydvest og A1 og A2 går vest-øst (se kapitel 4.2).

I denne sammenhæng er det interessant, at se på de veje, der kører nord-syd og nordøst-sydvest, da det er på disse veje, at vinden kan have en indflydelse på, hvordan saltet spredes fra vejen. Jordprøverne på lokaliteterne B1, B2, C1 og C2 er alle taget vest/nordvest for vejen, hvorimod prøverne ved A3 er taget øst for vejen. På lokaliteten A3 ses der nogle væsentlig højere koncentrationer i underjorden end på de andre lokaliteter. Dette kan skyldes, at vinden har blæst noget af saltet over på østsiden af vejen.

Alt efter hvilken salttype og saltspreder, der benyttes, spredes der i forskellige afstande til kantlinjen på vejen (se figur 1.5). Når der ikke saltes helt ud til kanten, er det fordi, at eksempelvis tørsalt, er svært at styre, da tørsaltet lettere hopper udenfor vejen. Ved ikke at salte helt til kantlinjen, så mindskes spildet. Af samme grund er det vigtigt at være opmærksom på, hvilken saltningsmetode der benyttes, da dette har indflydelse på hvor præcis saltningen er. Derudover må det antages, at hældningen på vejen har betydning for *Run-off* (afstrømningen) af salt fra vejen og ud i rabatten. Denne afstrømning kan dog kun have indflydelse på området få meter fra vejen på grund af infiltrationen i jorden. Det modsatte er tilfældet med hensyn til sprøjterne og turbulensen fra køretøjerne, der sprøjter saltet længere væk.

Der benyttes forskellige salttyper på vejene, hvilket har en indflydelse på hvordan saltet opfører sig på vejen (se kapitel 1.3). På motorvejene (C1 og C2) benyttes der stensalt, hvilket er den salttype med de største saltkorn. Det vil sige, at når der benyttes stensalt på motorvejene og vakuumsalt/havsalt på de andre veje, så kan det diskuteres, om salttypen har en indflydelse på, hvor langt fra vejen, at saltet kommer. Stensalt har de største saltkorn, og det er sværere at styre store og tørre saltkorn, hvilket betyder, at der er større sandsynlighed for, at de ender i rabatten. Det tager længere tid for køretøjerne på vejen at nedbryde store saltkorn, som til sidst bliver knust så meget, at det bliver til saltlage på vejen. Fordelen ved de store saltkorn er, at de ikke er ligeså følsomme overfor vinden som små saltkorn (se kapitel 1.3). Derved er det en fordel at bruge stensalt på motorveje, hvor der generelt er meget trafik, da stensaltet har en længere opholdstid på vejen.

Konduktiviteten for C1 og C2 (se kapitel 5.1) viser, at der generelt er en lavere konduktivitet, og at konduktiviteten er stabil allerede ved omkring 8 meter fra vejen, hvilket er tidligere end på nogle af de andre lokaliteter (se kapitel 5.1). Kan dette skyldes, at der bliver brugt stensalt på disse lokaliteter? Det antages, at det er det salt, der spredes ved hjælp af *blow-off* eller *spray-off*, der kommer længst væk fra vejen, da det bliver hvirvlet op af turbulens og spredes med vinden. Det antages, at *blow-off* og *spray-off* ikke har særlig stor indflydelse på spredningen af saltet lige efter spredningen, når der saltes med stensalt. Det er først, når

stensaltet er nedbrudt til mindre dele, at *blow-off* og *spray-off* får en større betydning for spredningen af salt. Derved er det hovedsageligt *run-off* og *splash-off* i starten, der er dominerende. *Run-off* og *splash-off* påvirker hovedsageligt området tæt på vejen.

Ifølge figur 1.12 anbefales det, at plante minimum tre meter fra vejen. Men ud fra resultaterne i afsnit 5.1 kan det diskuteres, om koncentrationen af salt er faldet tre meter fra vejen, da resultaterne i kapitel 5.1 ikke umiddelbart viser, at der er nogen sammenhæng mellem figur 1.12 og kapitel 5. I sektor 1 på alle lokaliteterne, undtagen C2, stiger eller falder konduktiviteten. På halvdelen af lokaliteterne stiger konduktiviteten og på den anden halvdel falder konduktiviteten i sektor 1. Derved er der ikke nogen tendens til at konduktiviteten er faldet signifikant tre meter fra vejen, som figur 1.12 viser.

På lokaliteten A1 var der trampede stier henover græsområdet (figur 4.6), hvilket betyder, at der kan sidde rester af salt på cykler og fodtøj på forbipasserende. Dette kan påvirke konduktiviteten, da der derved tilføres salt til området, som ikke kommer fra vejen, hvilket kan give et misvisende resultat. Da jordprøverne blev taget på denne lokalitet var jorden frossen (se kapitel 4.2.1), hvilket kan betyde, at saltet ikke kan infiltrere i jorden, og derved kan det give en højere konduktivitet end der ses på de andre lokaliteter, hvor jorden ikke var frossen.

Turbulensen har indflydelse på, hvordan og hvor langt væk fra vejen saltet bliver spredt (se kapitel 1.3). Når hastigheden på saltsprederen forøges, så stiger turbulensen og antal omdrejninger på sprederdisken, hvilket har stor indflydelse på, hvordan saltet fordeles på vejen (Takai, 2017, pers.com). Generelt har turbulensen stor indflydelse på spredningen af salt. *Blow-off* og *Spray-off* afhænger af turbulensen fra bilerne på vejen.

Bilerne er blevet mere aerodynamiske, hvilket betyder, at luftmodstanden er blevet mindre rundt om bilen. Jo hurtigere bilen kører, jo mere luftmodstand skal bilen overkomme (Plambech, 2014). Det antages, at når bilerne er blevet mere aerodynamiske, så må turbulensen også være blevet mindre. Når turbulensen falder, så mindskes *blow-off* og *spray-off*, da saltet i disse to tilfælde spredes ved hjælp af turbulens. I studierne fra 1970-90'erne ses der saltskader langt fra vejen (se kapitel 2). Grunden til, at der ikke ses så store spredninger på motorvejene (C1 og C2) kan være fordi turbulensen ved bilerne er blevet mindre. Der er dog kommet flere biler på vejene (Politikken, 2016), hvilket gør, at der er flere køretøjer til at sprede saltet fra vejen.

Der er forskel på hvor meget salt forskellige planter kan tåle (tabel konduktivitet i forhold til vækst). Fra 0 – 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ giver det kun få problemer for planterne at vækste, fra 2.000 – 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ giver det problemer for følsomme planter. På ingen af målingerne på de syv lokaliteter (se kapitel 5.1) er der observeret over 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figur 1.14), hvilket betyder, at konduktiviteten i jorden kun har en ringe indflydelse på planternes vækst. Dette betyder dog ikke, at planterne er upåvirket af vejsaltet, da jordprøven ikke siger

noget om det salt, der rammer plantedelen over jorden. Det vil sige, at planten stadig kan blive påvirket af salt ovenfor jorden. Derved kan planten få en *forgiftning*, som kan påvirke plantens stofskifte og membranfunktion (se kapitel 1.4).

Spredningen af vejsalt er et emne, der ikke er forsket særlig meget i, hvilket gør, at den forskning, der henvises til, er meget gammel (se kapitel 2). Der er i Norge lavet et projekt, der hedder "Salt SMART", som beskriver mange af problemstillingerne omkring salt. Denne rapport bygger dog hovedsagelig på litteraturstudier, hvilket betyder, at der henvises til de danske undersøgelser, som er medtaget i denne rapport (Sivertsen, 2012).

7 KONKLUSION

Hvordan spredningen af vejsalt på de vejnære arealer forekommer, har vist sig at være meget kompleks, da der er mange faktorer, der har indflydelse, på hvor langt væk fra vejen at vejsaltet kommer. Derfor er det ikke muligt at lave en henfaldsmodel for vejsalt på de vejnære arealer.

Det kan konkluderes, at der ikke er nogen tydelig sammenhæng mellem den hastighed, der køres på en vej, og hvor langt ud fra vejen at saltet kommer. Der ses dog nogle andre tendenser, som måske har indflydelse på konduktiviteten i jorden.

Der er på nogle af lokaliteterne en lille sammenhæng mellem terrænet og konduktiviteten, især der hvor der er grøfter. Derudover ser det også ud som om, at vinden har indflydelse på, hvor langt væk fra vejen at saltet kommer. Der ses også en tendens til, at saltindholdet i jorden falder, når der ikke saltes længere.

Der findes flere typer af salt, som blandt andet har forskellige kornstørrelser, og der findes også flere typer saltspredere. Yderligere varierer den hastighed, der bliver saltet med. Alt dette ser også ud til at have en indflydelse på konduktiviteten i jorden.

Der er så mange ting, der påvirker konduktiviteten i jorden, og ikke mindst spredningen af salt. Derfor er det svært at sige, hvorfor der ikke ses nogen tydelig sammenhæng mellem den hastighed, der køres med på vejen, og konduktiviteten i jorden.

8 PERSPEKTIVERING

For at finde ud af hvor langt væk fra vejen, at vejsaltet kommer, har denne rapport vist, at det er nødvendigt at gå mere systematisk til værks, hvis det skal undersøges om der er en sammenhæng mellem hastigheden, der køres med på vejen, og hvor langt ud på de vejnære arealer, at vejsaltet kommer.

Derfor skal trafikken på vejen undersøges nærmere. Dette skal blandt andet ske ved at undersøge trafiktætheden og hvilke typer af biler, der kører på vejen, da forskellige biler spreder saltet på forskellige måder. Det antages, at der er større *splash-off* ved lastbiler end ved almindelige biler. Derudover er turbulensen ved køretøjerne også vigtig at undersøge, da den har betydning for spredningen af vejsaltet. Derfor skal det undersøges, hvor meget turbulens forskellige typer af køretøjer danner. Der findes mange forskellige typer af køretøjer, og indenfor hver type af køretøj findes der mange modeller, som højest sandsynligt, danner en unik turbulens. Det vil sige, at der skal laves en grundig analyse af trafiktætheden og typen af køretøjer på hver lokalitet. Derudover er det også vigtigt at måle den reelle kørehastighed på strækningen, da mange kører hurtigere end det tilladte. Omvendt, så kan der også ofte være kø på visse strækninger.

Det er også vigtigt at undersøge vindforholdene både i forbindelse med spredningen af salt, men også generelt på lokaliteten. Vinden har, i forbindelse med spredningen af salt, betydning for, hvor saltet lander henne, både på vejen og på de vejnære arealer. Når saltet er spredt på vejen, knuses det til mindre stykker af trafikken, eller opløses i vandet på vejen, alt efter vejens tilstand. Når saltet er nedbrudt, påvirkes det af vinden, da der dannes skyer af salt i forbindelse med turbulensen ved køretøjerne. Disse skyer af salt spredes herefter med vinden. Da vinden hyppigere kommer fra vest end omvendt, så ses der en tendens til (se kapitel 6), at konduktiviteten på de vejnære arealer mod øst er mere påvirkede end de vestvendte arealer. Derfor kan det være vigtigt at undersøge vindforholdene på lokaliteten. Det kan ligeledes være en fordel at undersøge konduktiviteten på begge sider af vejen af samme årsag.

Der findes tre typer af salt, der benyttes til vejsalt, og hver type af salt har forskellige egenskaber. Der er blandt andet forskel på kornstørrelsen af saltet. Det vil sige, at noget påvirkes mere af vinden under spredningen end andet, mens andet er mere følsom overfor vinden når saltet er spredt. Derfor er det vigtigt, at undersøge om der er forskel på, hvor langt ud på de vejnære arealer de tre typer af salt kommer. Dette kan undersøges ved kun at salte med en type på den undersøgte lokalitet i en given periode og herefter gøre det samme med de andre to typer af salt. Det er dog vigtigt, at alle andre faktorer er præcis de samme ved de tre undersøgelser. Det vil sige, at det skal være præcis de samme slags køretøjer, trafiktæthed, vindforhold, jordforhold og så videre. Alle forhold skal være præcis de samme, for at det er muligt, at se

hvilken indflydelse typen af vejsalt har. Dette kan være svært, da det er sandsynligt, at selv små ting kan have betydning for spredningen af saltet.

Klimatiskeforhold har indflydelse på vejsaltets opholdstid på vejbanen. Udover vinden har nedbøren, temperaturen og så videre også indflydelse på spredningen af salt. Nedbøren har indflydelse på *run-off* fra vejen, det vil sige, at jo mere vand, jo større *run-off*. Hvis der er et stort *run-off* fra vejen nedsættes saltets opholdstid på vejen, hvilket gør, at der skal saltes oftere. Både nedbøren og temperaturen har betydning for hvilken saltningsmetode, der anvendes. Temperaturen har også betydning for hvornår, der saltes. De klimatiskeforhold er bestemmende for opholdstiden og restsaltet på vejen. Alle de klimatiskeforhold er bestemmende for, hvornår der saltes, salttypen og saltningsmetoden og hvordan saltet spredes fra vejen. For at lave en undersøgelse af om der er en sammenhæng mellem spredningen af salt fra vejen og hastigheden på vejen, er det vigtigt, at de klimatiske forhold er præcis de samme under forsøgene, hvilket er næsten er umuligt, hvis ikke undersøgelserne laves indenfor under kontrollerede forhold.

For at kunne sammenligne lokaliteter er belægningen også en vigtig faktor, da den har betydning for saltets opholdstid på vejen og *run-off*. Hvis belægningen er impermeabel, vil der være et større *run-off*, da vandet ikke kan trænge igennem belægningen. Der findes i dag asfalt, hvor vandet kan trænge igennem (Niras, 2015), hvilket har indflydelse på hvordan saltet bliver spredt fra vejen. Derfor er det vigtigt at have for øje, at belægningen på lokaliteterne er den samme, herunder også slidlaget på belægningen.

Når vejsaltet er endt på de vejnære arealer, antages det, at strukturen i landskabet har betydning for, hvor langt væk fra vejen, at saltet kommer. Hvis der er en hældning væk fra vejen i det nærliggende terræn, antages det, at saltet kommer længere væk fra vejen, blandt andet hvis jorden er vandmættet. Eller hvis terrænet i det nærliggende område stiger, antages det, at spredningen er mindre. Derfor er det vigtigt, at topografien i området er den samme, da forskelligheder vil skabe usikkerheder med hensyn til spredningen af salt. Jordtypen har indflydelse på spredningen af salt, da det antages, at jo grovere struktur i jorden, jo større udvaskning af salt. Det vil sige, at hvis jordstrukturen er meget fin, vil opholdstiden i jorden være lang og udvaskningen lille, modsat en grov jordstruktur, hvor opholdstiden vil være kort og udvaskningen stor. Hvis infiltrationen i jorden er stor vil afstrømningen på jordoverfladen være lille. Derfor er det vigtigt, at jorden er præcis den samme under disse forsøg, da forskelligheder påvirker spredningen.

Der er flere parametre, der har indflydelse på konduktiviteten i jorden, hvilket gør, at konduktiviteten ikke udelukkende er et udtryk for, hvor meget salt, der er i jorden. Derfor skal jorden undersøges for Na og Cl i stedet, hvilket vil give et mere præcist billede af hvor meget salt, der er i jorden.

Derudover er det nødvendigt at tage jordprøver over en længere periode, for at se om der er årstidsvariationer, som resultaterne fra C1 antyder (se kapitel 5.5). Denne undersøgelse har ikke direkte indflydelse på hvordan saltet spredes fra vejen. Derimod giver det billede af hvor lang opholdstiden i jorden er.

8.1 FORSØGSOPSTILLING TIL UNDERSØGELSE AF SPREDNING AF VEJSALT TIL VEJNÆRE AREALER

Det er nødvendigt at gå mere systematisk til værks, for at finde ud af, hvordan saltet spredes til vejnære arealer. Derfor vil det i dette afsnit forsøges at opsætte den "perfekte" forsøgsbeskrivelse.

Der er mange forhold, der skal tages højde for, hvilket betyder, at der skal laves mange forskellige forsøg, for at finde ud af, hvad der har indflydelse på spredningen af salt til vejnære arealer.

Først undersøges det om hastigheden på køretøjerne har noget at sige i forhold til spredningen af salt til vejnære arealer. Derfor overdækkes en vejstrækning samt de vejnære arealer og temperaturen holdes konstant under overdækningen, hvilket betyder, at de klimatiske forhold får så lidt indflydelse som muligt. De vejnære arealer skal være vandrette og plane og eventuelt beklædt med et ikke gennemtrængeligt materiale, så saltet ligger sig på overfladen og det derved nemt kan måles, hvor saltet lander henne. Der benyttes en type af personbiler og en type af lastbiler til undersøgelsen og der køres med 50, 80 og 130 km/t. Alle forsøg laves hvor der kun køres med personbilen/personbilerne eller lastbilen/lastbilerne, for at se om det har en indflydelse på, hvor langt væk fra vejen saltet kommer. Alle forsøgene udføres med stensalt, havsalt og vakuumsalt, for at udelukke om det gør en forskel, hvilken type af salt der er benyttet. Derudover laves forsøgene også med alle saltningsmetoderne. Yderligere skal der tages højde for vejens tilstand, det vil sige at undersøgelserne skal laves på tør og våd vej og mængden af restsalt på vejen skal også undersøges.

Hvis hastigheden, typen af trafik, og trafiktætheden ikke har indflydelse på spredningen af vejsalt til vejnære arealer, vælges der en hastighed, et køretøj og en bestemt trafiktæthed til de resterende forsøg. Det samme er gældende for salttype og saltmetode. Modsat hvis det viser sig, at det har indflydelse på spredningen af salt, skal de resterende undersøgelser laves med de parametre, som har indflydelse på spredningen af salt til vejnære arealer.

Der skal også tages højde for klimaets påvirkninger på spredningen af saltet. Det mest optimale er at tage overdækningen af, for at få det reelle klima, problemet ved dette er dog, at det ikke er muligt at gentage forsøget, og derfor er det nødt til at blive lavet indendørs. Der skal laves forsøg med vind, temperatur, luftfugtighed og nedbør. Der skal laves forsøg med vind, hvor der ikke er vind, sidevind og vindstød. Det er

især vigtigt med vind undersøgelserne, at der tages jordprøver på begge sider af vejen. Derudover skal der laves forsøg med temperatur, både hvor temperaturen er over og under frysepunktet, samt temperatursvingninger omkring frysepunktet. Der skal også laves undersøgelser med luftfugtigheden, hvor der er lav og høj fugtighed. Derudover skal det undersøges, hvilken påvirkning det har på spredningen af salt når der falder regn, sne eller slud.

Herefter laves der forsøg med opholdstiden i jorden, når vejsaltet er blevet spredt til de vejnære arealer. Det vil sige, at de tidligere forsøg, som har vist at have indflydelse på spredningen af salt til vejnære arealer gentages på samme strækning, hvor det ikkegennemtrængelige materiale udskiftes med henholdsvis sand, silt og ler. Herefter laves alle de undersøgelser igen, som har vist at have indflydelse på spredningen af salt til vejnære arealer. På den måde er det muligt at se, hvor lang opholdstiden er for de forskellige jordtyper. Disse undersøgelser skal køre i lange perioder, for at se om der er en sammenhæng mellem årstiden og koncentrationen af salt i jorden som figur 1.10 viser. Derudover skal der laves undersøgelser med forskellige hældninger i terrænet, for at se hvilken indflydelse det har på spredningen af salt til vejnære arealer.

Derudover skal der laves undersøgelser af, hvordan saltsprederen påvirker spredningen af salt til vejnære arealer. Det vil sige at alle ovenstående forsøg skal laves med de forskellige typer af saltspredere, og der skal spredes salt med den hastighed, der normalt saltes med på veje hvor der må køres 50, 80 og 130 km/t.

I stedet for at måle konduktivitet, som det er blevet gjort i dette projekt, skal det reelle saltindhold måles i stedet. Grunden til dette er, at der er mange faktorer, der påvirker konduktiviteten.

9 LITTERATURLISTE

Akzo Nobel Salt A/S. ukendt årstal. Om os. https://www.akzonobel.com/Mariager/om_os/ d. 7.5.2017

Ashman M. R. og G Puri. 2013. *ESSENTIAL SOIL SCIENCE*. 1. udgave. Blackwell publishing.

Barbsa R. N. og C. Overstreet. Ukendt årstal. *What Is Soil Electrical Conductivity?* Louisiana State University Agricultural Center

By- og Landskabsforvaltningen. 2016. *REGULATIV for vintervedligeholdelse og renholdelse af veje, stier og pladser*. Aalborg Kommune.

Cappelen J. 2017. *Vejret i Danmark – året 2016*.

<https://www.dmi.dk/vejr/arkiver/maanedsaesonaar/vejret-i-danmark-aaret-2016/> 29.5.2017

Cappelen J. og A. M. K. Jørgensen. Ukendt årstal. *Vind i Danmark*. <https://www.dmi.dk/klima/klimaet-frem-til-i-dag/danmark/vind/> 30.5.2017

Carstensen L. S. 2012. *Forkert saltning giver glat føre*. <https://www.dmi.dk/nyheder/arkiv/nyheder-2012/forkert-saltning-giver-glat-foere/> 28.5.2017

CEN, BT og Task Force 151. 2005. EN 0000:2003, *Determination of electrical conductivity in soil, sewage sludge and biowaste*. EU

Christiansen N. S. (niels.sloth@aalborg.dk). 2017. *SV: Spørgsmål vedr. saltning i Aalborg*. Aalborg Kommune (Bilag H)

Clasen G., M. Jensen og T. Sode. 2016. *Grus, salt og alternative tømidler mod sne og is*.

<https://www.bolius.dk/grus-salt-og-alternative-toemidler-mod-sne-og-is-17006/> 28.5.2017

Clasen G., M. Jensen og T. Sode. *Grus, salt og alternative tømidler mod sne og is*.

<https://www.bolius.dk/grus-salt-og-alternative-toemidler-mod-sne-og-is-17006/> d. 7.5.2017

DMI. 2017. *Vejrarkiv*. <http://www.dmi.dk/vejr/arkiver/vejrarkiv/> 30.5.2017

Eram M. M. a. Ukendt årstal. *Natriumklorid (NaCl)*.

Eram M. M. b. ukendt årstal. *Definitioner og forklaringer*.

Grisso R., M. Alley, D. Holshouser og W. Thomason. 2009. *Precision Farming Tools: Soil Electrical Conductivity*. Virginia Tech. <https://www.pubs.ext.vt.edu/442/442-508/442-508.html> 29.5.2017

Grisso R., M. Alley, D. Holshouser og W. Thomason. Ukendt årstal. Precision Farming Tools: Soil Electrical Conductivity. Virginia Cooperative Extension.

Hansen H. C. (Hans.Christian.Hansen@99454545.dk). 2017. *SV: Saltningsmetode*. Brønderslev Kommune (Bilag I)

Ingerslev M. og S. Skov. 2015. *Miljøpåvirkning af traditionelt vejsalt og alternative tømidler*. Københavns Universitet

Kristiansen S. M., F. D. Christensen og B. Hansen. 2009. *Vurdering af danske grundvandsmagasiners sårbarhed overfor vejsalt*. GEUS. Side 8.

Kaalund L., K. Jespersen og B. S. Justesen. Ukendt årstal. *Danmarks jordbund – passer vi på den?* Videnscenter for jordforurening og Geografilærerforeningen. Danske regioner.

Lahrman H., N. Agerholm, C. S. Jensen og B. Yang. Ukendt årstal. *Hastighedskort*.
<http://daisy.aau.dk/its/?page=SpeedMap&period=morning&x=57.04835&y=10.01783&z=13> 30.5.2017

Miljøstyrelsen. 2004. *6 Typologi og parametre på velkendte ådalslokaliteter*.
<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2004/87-7614-492-5/html/kap06.htm> 29.5.2017

Niras. 2015. *Danmarks længste klimavej åbner om få uger i Aalborg*.
<http://www.niras.dk/aktuelt/nyheder/2015/danmarks-stoerste-klimavej-aabner-i-aalborg.aspx> 30.5.2017

Nørgaard K. 2013. *Validering af ny metode til bestemmelse af vandopløseligt natrium og kalium på ICP-OES*. FLSmidt

Olesen M. ukendt årstal. *Fremtidens ekstreme vejr i Danmark*. <https://www.dmi.dk/klima/fremtidens-klima/danmark/ekstrem-vejr/> 29.5.2017

Pedersen L. B. og M. Ingerslev. 2007. *Alternativer til vejsalt som tømiddel i glatførebekæmpelsen*. Københavns Universitet.

Pedersen L. B. og M. Ingerslev. 2007. *Alternativer til vejsalt som tømiddel i glatførebekæmpelsen*. Københavns Universitet.

Plambech C. A. 2014. *Hvad er et aerodynamisk design?* <http://videnskab.dk/sporg-videnskab/hvad-er-et-aerodynamisk-design> 30.5.2017

Politikken. 2016. *Der kører fem gange så mange biler på vejene som i 1962.*

<http://politiken.dk/forbrugogliv/biler/art5615490/Der-k%C3%B8rer-fem-gange-s%C3%A5-mange-biler-p%C3%A5-vejene-som-i-1962> 30.5.2017

Poulsen L. B. (lvp@vd.dk). 2017. *SV: Spørgsmål vedr. saltmetoder.* Vejdirektoratet (Bilag J)

Randrup T. B. og L. B. Pedersen. 1996. *Vejsalt, træer og buske, En litteraturundersøgelse om NaCl's effekter på vedplanter langs veje.* Vejdirektoratet rapport 64. Forskningscenteret for Skov og Landskab.

Randrup T. B. og L. B. Pedersen. 1999. *Salt og saltspredning.* Park- og Landskabsserien. Skov og Landskov. Blad nummer: 5.23-3

Sivertsen Å. et al. 2012. *Sluttrapport for etatsprogrammet Salt SMART.* Statens vegvesens rapporter nr. 92.

Strøm J., H. Takai, K. Persson og T. Brøchner. 2016. *NordFoU: External Influences on Spray Patterns (EPAS) Report 17: Introduction to the Salt Spreading Simulation software 3-S.* NordFoU

Takai H. 2017. Pers.com. *Turbulens ved saltspreder.*

Thordarson S., M. M. Eram, K. R. Lysbakken og G. Blomqvist. 2015. *Modelling residual salt, part II.* Vejdirektoratet (Danmark), VTI (Sverige), Statens Vegvesen (Norge) og Vegagerdin (Island).

Transport- og Bygningsministeriet. 2015. *Bekendtgørelse af lov om private fællesveje.*

<https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=174723#id41a4e747-34c3-4250-8243-6454e2c90da0> 29.5.2017

Tvedt T., T. B. Randrup, L. B. Pedersen og S. Gludsted. 2001. *PLANTER & VEJSALT.* Vejdirektoratet og Skov & Landskab. Udgivere Trafikministeriet og Miljø- og Energiministeriet. København.

Vejdirektoratet. Ukendt årstal a. *Hvem ejer vejene?* http://vejdirektoratet.dk/da/viden_og_data/statens-veje/hvem-ejer-vejene/sider/default.aspx 28.5.2017

Vejdirektoratet. Ukendt årstal b. *Hvem passer motorvejen?*

<http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejprojekter/Funder-Laasby/OmProjektet/Documents/Drift.pdf> 29.5.2017

Vestergaard S. (sive@vd.dk). 2017. *SV: Spørgsmål vedr. Salt.* Vejdirektoratet (Bilag K)

Vinterudvalget. 2006. Strategi for VINTERTJENESTE på stats- og Kommuneveje.

Weilheim. 2011. *WTW Operating manual, Multi 3430, Digital pH / D.O. /conductivity meter for 3 digital IDS sensors*. Germany

Aalborg Kommune. Ukendt årstal. *Vejene i snevejr*. <http://www.aalborg.dk/trafik-pas-og-transport/veje/vejene-i-snevejr> 30.5.2017

Aalborg Universitet a. Ukendt årstal. *Forord, Denne vejledning omhandler bestemmelse af glødetab på jordarter*. Aalborg Universitet

Aalborg Universitet b, Ukendt årstal. *Forord, Denne vejledning omhandler bestemmelse af den vægtmæssige fordeling af jordkorn i sand- og grusfraktionen*. Aalborg Universitet