



Forord

Dette er min finale i mastergraden Plantevitenskap, et studieprogram jeg har seilt igjennom med stor begeistring. Helt fra begynnelsen i bachelorgraden av dette studiet følte jeg meg revet mellom to fagfelt: planter for miljøforbedring og planter for matproduksjon. Denne oppgaven er min måte å kombinere de to fagfeltene på. Det var med iver og glede at jeg fikk benytte atskillige sider av det jeg har lært på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet de siste fem årene under utarbeidingen av denne oppgaven. Jeg er fornøyd med alt jeg har oppnådd underveis. Det eneste jeg angrer på er at jeg ikke skrev denne oppgaven på nynorsk, mitt vakre hovedmål.

Det er naturligvis på sin plass å takke de som har sørget for at denne oppgaven ble til. Takk til Anne-Berit Wold, du har vært en utmerket hovedveileder. Takk til Trine Hvoslef-Eide, din entusiasme og rettledning har vært essensielt i etablering og utvikling av oppgaven. Takk til Erik Joner for all uvurderlig hjelp, du er en helt. Takk til Ketil Stoknes for jord å dyrke i og Maiken McCormick for takflater å dyrke på. Jeg vil også takke alle de som hjalp meg med de fysiske utfordringene, spesielt Liv Berge.

Til slutt vil jeg legge til dette dristige sitatet som et eksempel på tanker som har inspirert meg til å anvende min lidenskap for plantedyrking i det urbane miljøet:

«Our model citizen is a sophisticate who before puberty understands how to produce a baby, but who at the age of thirty will not know how to produce a potato»

- Wendell Berry

Sammendrag

Hensikten med denne oppgaven var å utforske utfordringene med økologisk dyrking i pallekarmer på takflater i Oslo. Vekstforsøk ble utført med potet, erter og kålrot. Resultatene påpekte utfordringer som oppstod med plantedyrking i kompostbasert vekstjord og mikroklimaet på takflater. Forsøkene i pallekarmer på tak ble sammenlignet med tilsvarende plantekultur på friland i Ås. I tillegg ble betydningen av jordvolum og gjødsling i pallekarmer testet i påfølgende sesong. Ukentlige målinger av stengelvekst og total avling viste en stor forskjell mellom plantene i pallekarmer på takflater og planter på friland. Erteplantene var de eneste som ikke viste signifikante forskjeller i avling. Dårlig tilgang på nitrogen var den mest begrensende faktoren. Høy pH og høyt C/N forhold i den kompostbaserte vekstjorda reduserte tilgangen på næringsstoffer for plantene. Alle plantene i pallekarmene viste i tillegg tegn til stress som følge av mikroklimaet på takflater. Den mest betydelige rollen til mikroklimaet i dette forsøket var at det hindret utvikling av *Phytophthora infestans* på potetplantene. Avlingen av kålrot ble betydelig redusert av insektangrep. I tillegg ble det vist at jordvolumet i pallekarmene hadde signifikant betydning for avling i potet, og at gjødsling med gjødsel basert på beinmel ikke hadde effekt på avling av potet i dette tilfellet.

Abstract

The purpose of this study was to explore the challenges that occurs in organic cultivation of potatoes and vegetables in pallet collars on roof surfaces in Oslo. The plants used for this study was potato (*Solanum tuberosum*), pea (*Pisum sativum*) and rutabaga (*Brassica napus var. Napobrassica*). The results revealed challenges that arose in plant cultivation with a compost based soil and the effect of the microclimate on rooftops. The experiments in pallet collars were compared with an identical set of plants cultivated in the field in Ås. In addition, the effect of soil volume and fertilization in pallet collars was tested the following season. Weekly measurements of stem growth and total crop yield showed considerable difference between plants in pallet collars on roof surfaces and plants in the field. Peas were the only crop that did not show significant differences in yield. Nitrogen deficiency in the compost based soil was the most limiting factor. There was a lower availability of nutrients for plants in the compost based soil due to the high pH and high C/N ratio. All plants in the pallet crates showed signs of stress as a result of the microclimate on roof surfaces. The most significant role of the microclimate was that it prevented development of the common disease *Phytophthora infestans* in potato plants. The crop of rutabaga was reduced by insect attacks. In addition, it is shown that the volume of soil in the pallet collars had a significant positive effect on the potato crop, and that bone meal based fertilizer had no effect on the potato crop in this case.

Innhold

Forord	i
Sammendrag.....	ii
Abstract	iii
1. Introduksjon	1
2. Teori	4
2.1. Definisjon av urbant hagebruk	4
2.2. Dyrking i pallekarmer	4
2.3. Tak som dyrkingsarena	5
2.3.1. Vekstforhold på tak	5
2.3.2. Tekniske utfordringer med dyrking på tak	5
2.3.3. Vind	5
2.3.4. Temperatur	7
2.3.5. Luftfuktighet.....	7
2.4 Jord som vekstmedium.....	8
2.4.1. Næringsstoffer i jord	8
2.4.2. Kationebyttekapasitet	9
2.4.3. C/N forhold	10
2.4.4. Surhetsgrad (pH)	10
2.4.5. Nitrogenfiksering	11
2.4.6. Kriterier for vekstjord.....	11
2.4.7. Organisk kompostbasert vekstjord	12
2.4.8. Kompostert avfall	12
2.5. Dyrking av potet, erter og kålrot	13
2.5.1. Potet.....	13
2.5.2. Tørråte på potet	14
2.5.3. Erter	14
2.5.4. Kålrot.....	15
2.5.5. Insektangrep på kålrot	16
3. Materialer og metode	17

3.1. Dyrking av grønnsaker og potet i pallekarmer på tak i Oslo.....	17
3.1.1. Materialer	17
3.1.2. Steder.....	18
3.1.3. Utførelse	19
3.1.4. Innsamling av data	20
3.2. Betydning av jordmengde og næringstilførsel på potet i pallekarmer	21
3.2.1. Materialer	21
3.2.2. Utførelse og oppsett	21
3.2.3. Innsamling av data	21
3.3. Statistikk.....	21
3.4. Jordanalyser.....	22
4. Resultater.....	23
4.1 Dyrking av grønnsaker og potet i pallekarmer på tak i Oslo 2014.....	23
4.1.1. Resultater for potet	23
4.1.2. Resultater for erter.....	26
4.1.3. Resultater for kålrot.....	28
4.2 Effekt av jordmengde og gjødsling på potet i pallekarmer 2015	30
4.2.1. Vekst.....	30
4.2.2. Avling.....	30
4.3 Jordprøver.....	32
4.3.1. Surhetsgrad (pH).	32
4.3.2. Karboninnhold.....	32
4.3.3. Nitrogeninnhold	32
5. Diskusjon.....	34
5.1. Dyrking av grønnsaker og potet i pallekarmer på tak i Oslo 2014.....	34
5.1.1. Effekt av mikroklimaet på takflatene	34
5.1.2. C/N forhold i vekstjorda.....	35
5.1.3. Tilgjengelig nitrogen i vekstjorda	35
5.1.4. Surhetsgrad (pH) i vekstjorda	36
5.1.5. Tilgjengelig fosfor i vekstjorda	36
5.1.6. Vekst og avling i poteter	37

5.1.7. Tørråte på potet	38
5.1.8. Vekst og avling i erter	39
5.1.9. Skadedyr på kålrot.....	40
5.1.10. Avling av kålrot.....	40
5.2. Effekt av jordmengde og gjødsling på potet i pallekarmer 2015	41
5.2.1. Effekt av jorddybde	41
5.2.2. Effekt av gjødselmengde	42
5.3 Sammenligning av potetdyrking det første og det andre året.....	43
6. Konklusjon	44
7. Litteraturliste	45

1. Introduksjon

Urbant hagebruk er en vesentlig del av det urbane landbruket; en driftsform som demper det skarpe skillet mellom land og by. Opprinnelig ble urbane byområder og jordbruksaktivitet adskilt fra hverandre for å effektivisere samfunnet, men dyrking av matplanter og husdyrhold forlot aldri bybildet helt. I perioder med matmangel har det vært naturlig å dyrke mat og holde husdyr i byer der det var mulig, og planter til rekreasjon og konsum har alltid vært til stede i byen.

Hensikten med urbant hagebruk har variert opp gjennom historien. Det varierer etter situasjonen og formålet til de som dyrker og i forhold til samfunnsøkonomien i de gjeldende bymiljøene. Dyrking i det urbane miljøet kan hensiktsmessig være en produktionsvirksomhet, forbedring av bymiljøet, en læringsarena eller en nødvendighet. (Mougeot, 2000; Bellows *et al.*, 2003; Tixier *et al.*, 2006; Orsini *et al.*, 2013; Hamilton *et al.*, 2014). Det er i stor grad et tiltak som blir gjort på verdensbasis for å være et supplement der det er lav matsikkerhet. Det er estimert at 262 millioner husholdninger i land under betegnelsen utviklingsland i Afrika, Asia, Latin-Amerika og Øst-Europa er aktive i urbant jordbruk (Zezza & Tasciotti, 2010). Mye av det urbane jordbruket foregår på jord i utkanten av byer, og i private hager innenfor bygrensene. På en annen side utvikles det et profittbasert urbant hagebruk med produksjon av lokale grønnsaker innendørs i kontrollerte lukkede systemer der mineralnæring, luftkvalitet, temperatur og lys er regulert til optimale forhold for vekst (Howland *et al.* (2012).

I Norge er dyrking i bymiljøet i stor grad drevet av ønsket om å utvikle et sunnere bymiljø, tilgang på kortreist mat av god kvalitet, og en sterkere tilknytning til matens opprinnelse (Fylkesmannen i Oslo og Akershus, 2014). Det har blitt en trend med kortreist, miljøvennlig og helsefremmende mat hos den norske befolkningen og andre velferdssamfunn i verden (Rainbolt, 2012; Fylkesmannen i Oslo og Akershus, 2014). Studier viser at folk dyrker i byer på bakgrunn av interesse for miljøet og bærekraftsprinsipp, de vil bidra til grønnere omgivelser, ha tilgang på ferske og sunne råvarer og de vil lære bort dyrking til barn (McClintock, 2010; Kortright & Wakefield, 2011).

Etter hvert som byene fortettes og grønne arealer må vike for betong og asfalt, oppstår det ønsker om å bevare eksisterende grønntanlegg og opprette nye der det er mulig (Hopkins & Goodwin, 2011). I storbyer som Singapore, Chicago, Toronto og Tokyo er det blitt vanlig å bygge takhager

som en naturlig del av det urbane landskapet (Hien *et al.* 2007). Det samme gjelder for europeiske land, der Danmark og Tyskland er spesielt fremadstrebbende på feltet (Oberndorfer, 2007; Noreng *et al.*, 2012). Eksempelvis er retningslinjer for København satt til at alle flate tak med en helning på 0-30 grader skal bli belagt med vegetasjon (Noreng *et al.*, 2012). Takflater er et enormt samlet areal i bystrukturen som i tillegg til å utvikles som grøntanlegg også kan brukes som en arena for urbant hagebruk. Et grønt tak kan aldri erstatte fullt den jordstrukturen som ligger forseglet under bygningene, men kan til en viss grad erstatte arealet som dyrkingsarena. Det er få dyrkbare takhager i Norge (Senter for byøkologi, 2013), men det kan bli en viktig del i utviklingen av en grønnere bystruktur og urbant hagebruk.

Hvis kunnskapen om og engasjementet rundt dyrking av matplanter i byen øker i Norge, kan det bidra til en dypere innsikt i og sympati for arbeidet med kulturvekster blant forbrukerne som setter krav til næringen. Samtidig bidrar vegetasjonen og den sosiale aktiviteten til økt trivsel i bymiljøet (Garnett, 1996; Mougeot, 2000). Interessen for mat og miljø har gitt liv til organisasjoner i Oslo som aktivt fremmer jordbruksaktiviteter i byen, med mål om å føre engasjementet inn i byplanleggingen. Mat og jord der du bor (MAJOBØ) er en nettverksorganisasjon som motiverer folk over hele landet til dyrking av nyttevekster i urbane omgivelser.

Det urbane landbruket er dermed under satsing i Oslo, og kunnskap blir etterspurt. I rapporten «Den Høye Hagen» (Senter for byøkologi, 2013) er det gitt et forslag om å "sørge for mer forskning på de sosiale, helsemessige, økologiske og kunnskapsbaserte effektene av institusjonelle og offentlige takhager." Bymiljøetaten (2014) foreslo kort tid etter i sin rapport at hovedmålet for satsingen på urbant landbruk er å «Øke kunnskap og aktivitet for urbant landbruk i Oslo». En av de største utfordringene innen urban dyrking i Norge er ikke bare mangel på arealer og økonomisk støtte til prosjekter, men også mangel på kunnskap om dyrking i by. Effekten av sosiale, helsemessige og økologiske effekter i det urbane miljøet er omtalt (Fylkesmannen i Oslo og Akershus, 2014; Garnett, 1996; Bellows *et al.*, 2003; Tzoulas *et al.*, 2007; Lee & Maheswaran, 2011; Dimoudi & Nikolopolou, 2003). Fra et agronomisk perspektiv er det interessant å studere faktorer som påvirker dyrkingen av krevende kulturplanter som grønnsaker og potet i urbant hagebruk på takflater i et begrenset jordvolum. Aktuelle faktorer er klima (temperatur, vind og luftfuktighet), vekstjord, skadedyr og plantesykdommer i det urbane miljøet. Dersom urban dyrking skal være en brikke i bærekraftig utvikling av byer, trengs det kunnskap om disse faktorene for å lykkes best mulig. Det

forekommer lite forskning på klimaforhold og jorddybde for planter på tak i Norge (Noreng, 2012). Vekstjord i hagebruk er en miljøutfordring fordi hoveddelen av jordprodukter på det norske markedet består av torv fra verdifulle myrområder (Lindahl, 2015; Grønlund *et al.* 2010). Det er fullt mulig å erstatte torv delvis eller fullstendig som biomasse i jordprodukter med organisk avfall (Zaller, 2007; Lindahl, 2015; Restrepo *et al.*, 2013). Det er en økning i bruk av organisk avfall som alternativ til torv i produksjon av plantejord, drevet av ønsket om å redusere bruken av torv kombinert med en forbedret avfallshåndtering (Caron & Rochefort, 2011; Asdal *et al.*, 2002. Skadedyr og plantesykdommer er en utfordring med minimalt bruk av plantevern, og forekomsten kan variere i ulikt klima (Minogue & Fry, 1981; Pasek, 1988; Porter *et al.*, 1991; Zwankhuizen *et al.*, 1998). Dersom kunnskapen om disse faktorene styrkes, kan det bidra til å forbedre urbane dyrkingsprosjekter på takflater.

Det er med hensyn til dette aktuelt å drive vekstforsøk på takflater i Oslo med ulike kulturvekster av grønnsaker og potet. Potet (*Solanum tuberosum*), erter (*Pisum sativum*) og kålrot (*Brassica napus*) er godt tilpasset norske dyrkingsforhold, og er av den grunn valgt ut som forsøksplanter. Siden et flertall av aktørene i det urbane hagebruket satser på en økologisk praksis (Fylkesmannen, 2014; Gallis, 2015), vil forsøkene også basere seg på det.

Hensikten med denne oppgaven er å se på utfordringer i urbant hagebruk med grønnsaker og potet i pallekarmer på takflater i en kompostbasert vekstjord. Målet er å konkludere med erfaringer som kan bli nyttig kunnskap i bærekraftig urbant hagebruk på takflater. Denne oppgaven tok dermed for seg et vekstforsøk på takflater i sesongen 2014, og gjenforsøk sesongen 2015 med ulik jorddybde og gjødselmengde i pallekarmer.

Problemstillingen er tredelt:

- Hvordan er vekst og avling hos grønnsaker og potet i begrenset mengde jord og i mikroklimaet på tak sammenlignet med dyrking på friland i Ås.
- Hvordan blir forekomsten av tørråte på potet og skadedyr på kålrot som dyrkes på tak uten plantevernmidler.
- Hvilken betydning har jordvolumet og ulike gjødslingsnivå for avling hos potet i pallekarmer.

2. Teori

2.1. Definisjon av urbant hagebruk

Urbant hagebruk er innlemmet i det større begrepet urbant landbruk, som en direkte oversettelse av det engelske *Urban Agriculture*. Dette begrepet omfatter alle landbruksaktiviteter med planteproduksjon og husdyrhold i det urbane miljøet (FAO, 2014). Et urbant miljø er et sted med høy tetthet av menneskeskapte strukturer og innbyggere i forhold til nærliggende rurale områder (Pacione, 2009). I Norge er grensen for å tildele et tettsted bystatus 5000 innbyggere (Justisdepartementet, 1992). Landbruket i større tettsteder er imidlertid ikke nødvendigvis urbant landbruk, men regnes heller som en profesjonell del av primærnæringen. Det urbane landbruket er begrenset til landbruksaktiviteter innenfor større byer der det ellers ikke blir drevet profesjonelt landbruk. Hagebruk omfatter den delen av landbruk som omhandler intensiv plantedyrking på et relativt lite jordareal (Bratberg, 2015). Hensikten med hagebruk er produksjon av grønnsaker, frukt, bær og blomster, og skiller seg fra aktivitet i private hager. Det er i motsetning til storskala landbruk dyrking på et mindre areal som blir tilført mer arbeidskraft og gjødsel per arealenhet. Urbant hagebruk medregner dermed all intensiv plantedyrking innenfor og ved grensen av et urbant bymiljø (Tixier *et al.* 2006).

2.2. Dyrking i pallekarmer

Å dyrke fram en god avling er et krevende arbeid med mange utfordringer. Helt fra jordbruket oppstod har utfordringer blitt studert og testet hver eneste sesong, og det ligger en enorm mengde kunnskap bak dagens jordbruk. Dyrking i pallekarmer som en mer eller mindre seriøs form for planteproduksjon er en relativt ny måte å drive jordbruk på. Pallekarmer er en ramme på en kvadratmeter som er mye brukt som en lett håndterbar og tilgjengelig vekstkasse i det urbane hagebruket (Gallis, 2015). Dyrking på denne måten har vist seg å være produktiv; det tilføres mye innsats og næring på et lite areal som kan gi stor avkastning (FAO (2010), Radice & Velly, 2009; Orsini *et al.*, 2013). I pallekarmer vokser planter i begrenset jordvolum i en jord som enten er basert på torv, kompostert organisk avfall, jord fra friland eller en blanding. Det er vanlig å fylle pallekarmene med torv og kompost iblandet sand og andre komponenter. Generelt dyrkes det i pallekarmer med en organisk jord som gir en rekke utfordringer med binding og frigjøring av næringsstoffer som en ikke er like vant med fra friland.

2.3. Tak som dyrkingsarena

2.3.1. Vekstforhold på tak

Dyrking i høyden på takflater i et begrenset jordvolum byr på utfordringer som er lite studert. Vekstforhold på tak er utfordrende på grunn av vindavblåsning, ekstreme temperaturer og begrenset jorddybde (Noreng *et al.*, 2012). Forskning har vist hvordan bunndekkende planter, gress, pryddplanter og stedegne ville planter trives under forhold på tak (Oberndorfer, 2007; Dvorak & Volder, 2010; Monterusso *et al.*, 2005 og Snodgrass & Snodgrass 2006). Planter av *Sedum*, en planteslekt i bergknappfamilien (*Crassulaceae*) er utpekt som spesielt gode planter for grønne tak. De har et grunt rotsystem, lav vekst, lite forbruk av vann og nøysomt krav til vekstmedium (Dvorak & Volder, 2010). Slike planter er herdige nok til å takle vekstforholdene på tak uten problemer. Stedegne flerårige planter og pryddplanter har vist seg å få lettere problemer med vind og tørke. Det vil si at miljøet på taket er tøft for planter som ikke er spesielt herdige for ekstreme forhold, og som i tillegg må forholde seg til et grunt jorddekke. I Norge er det mangel på retningslinjer for behov og forhold hos planter på tak, og det har ikke vært forsket på dette i større omfang (Noreng *et al.*, 2012).

2.3.2. Tekniske utfordringer med dyrking på tak

Tekniske utfordringer med vegetasjon på tak er fremlagt av Falck-Pedersen (2012). Viktige punkter er vekten av planter og vekstmedium ved vannmetting, bruk av membraner for å beskytte taket, sikringsforhold på taket, etablering og vedlikehold. I følge Noreng *et al.* (2012) er det ikke en selvfølge at eksisterende tak tåler en belastning fra selv lettere dyrkingsprosjekter. De tynneste grønne takene bruker et vekstmedium på noen få centimeter i tykkelse. Grønnsaker og potet krever langt større volum og mer organisk materiale for å kunne vokse. Det krever kunnskap om takets bæreevne. Dersom det dyrkes i vekstkasser, er vekten konsentrert på et mindre sted og det er viktig under planlegging å ha kjennskap til hvor støttende konstruksjoner som vegger og søyler er plassert.

2.3.3. Vind

Takflater kan være svært vindutsatte. Siden vindhastighet øker logaritmisk med høyde i terrenget, er vind spesielt en utfordring på høye bygninger. Når vind blåser vinkelrett mot et bygning, blir det største trykket ført et stykke over takflaten, og hastigheten endrer seg rundt kantene av bygningen (Hopkins & Goodwin, 2011). Det blir et positivt trykk på vindsiden og negativt trykk på lesiden

(Figur 1). Det er dokumentert at takflater på bygninger over 65 meter i høyde kan ha en lufthastighet på 100 km/t, (Hopkins & Goodwin, 2011). Mange aktuelle takflater er mye lavere i terrenget enn det, og lufthastighet er kun en alvorlig fysisk utfordring for plantedyrking i enkelte tilfeller.



Figur 1. Vind lager ulike lufttrykk i ulike høyder og områder av en bygning (modifisert figur av Ken Yeang)

Kontinuerlig vind er en utfordrende faktor fordi det kan påføre fysiske skader og fysiologisk stress i plantene. I tillegg tørker jordoverflaten raskt ut, og behovet for vanning er større. Planter som er vannkrevende og høytvoksende er dermed spesielt utsatt. På de mest utsatte stedene for høy lufthastighet på tak kan det være nødvendig med støtteverk for å holde planter og jord på plass.

Den fysiologiske effekten av vind på planter kan redusere veksten. Planter blir utsatt for et mekanisk stress som kalles seismomorfogenese; en reaksjon og endring av vekst i planter som følge av vind eller risting (Mitchell *et al.*, 1975). Planter reagerer i ulik grad ved å endre strukturen til en form som er bedre tilpasset å motstå kreftene de blir utsatt for, men det kommer ofte på bekostning av lavere avling i kulturvekster (Akers & Mitchell, 1985; Biddington 1986; Daunicht & Brinkjans, 1996). Det er antatt at avlingen i planter utsatt for kontinuerlig stress av sterk vind reduseres hovedsakelig på grunn av økt respirasjon, som hindrer assimilering av karbon i plantens lagringsorganer (Biddington, 1986). Den kortere og tykkere stengelveksten i planter som respons på vind kommer av at cellene i stengelen får en rundere form og større diameter. Samtidig øker produksjonen av sekundært vedvev, som krever energi å produsere men som styrker plantestrukturen. Vind kan på den måten påvirke kulturplanters evne til å produsere biomasse.

2.3.4. Temperatur

Det urbane miljøet har generelt høyere temperaturer sammenlignet med åpne rurale områder, et fenomen som kalles Urban Heat Effect (Rizwan, 2008; Gago *et al.*, 2013). Takflater er spesielt utsatt for oppvarming dersom overflaten er av et mørkt materiale og solinnstrålingen er direkte uten noe som skygger. I kombinasjon med vind tørker overflaten raskt, og forholdene blir ekstremt tørre og varme. Det er en utfordring for planter, som vil trenge store mengder vann. Norske kulturvekster er tilpasset lave temperaturer, og det er ikke nødvendigvis slik at de kan effektivt utnytte unormalt høye temperaturer på takflater. Alle planter har en egen tilpasning til temperatur basert på genetisk sammensetning og individuell tilpasning til klimaet. Fysiologiske prosesser i planter fungerer normalt opptil 40°C (Went, 1953), men planter tilpasset norsk klima fungerer optimalt ved mye lavere temperaturer. Poteter, erter og kål er alle kulturplanter som trives og vokser best i et kjølig miljø (Wien, 1997; Johansen & Mølmann, 2015; Kumar, 2004).

2.3.5. Luftfuktighet

Luftfuktigheten på takflater blir fraktet bort av vind og varme, og blir dermed lavere. Veksten i planter er vanligvis optimal når luftfuktigheten er høy (Grantz, 1990). Planter taper større mengder vann fra spalteåpningene i bladoverflaten når det er lavere konsentrasjon av vann i atmosfæren rundt bladoverflaten. En lav luftfuktighet i kombinasjon med begrenset tilgang på vann i rotsonen vil føre til et stressende vanntap. For å spare vann i slike tilfeller, lukkes spalteåpningene. Det reduserer samtidig opptaket av CO₂, og det begrenser produksjonen av biomasse.

Lav luftfuktighet kan imidlertid være positivt for plantedyrking ved å redusere forekomsten av sopp sykdommer. Høy luftfuktighet er den viktigste faktoren i forekomsten og graden av soppangrep på planter (Burdon, 1987). Studier viser at lav luftfuktighet og høyere temperaturer hindrer veksten og dannelsen av sporer i sopp (Talley *et al.*, 2002). Det kan dermed være en fordel i et urbant hagebruk som satser på minimalt bruk av plantevernmidler.

2.4 Jord som vekstmedium

Jord er strukturmessig en oppsamling av karakteristiske horisontale lag som utvikles av biologiske og klimatiske prosesser (Brady & Weil, 2010). Jord dannes ved at berggrunnen blir påvirket av topografi, klima og vegetasjon over lang tid. Det er en sakte prosess som drives primært av erosjon, forvitring, transport og oppsamling av materialer. Løsmasser bygges gradvis opp og utvikler seg til en jordprofil. Øverst i denne strukturen forekommer et høyt innhold av organisk materiale. På dyrket jord i landbruket blir de øverste 20 cm av jordstrukturen kalt plogsjiktet eller matjordlaget, og regnes som den fruktbare delen av jorda.

Jord som masse er en komplisert sammensetning av faste, flytende og gassholdige deler. Faste partikler i jord er både uorganiske og organiske (karbonholdige). Mesteparten av en naturlig jord består av uorganiske partikler i form av grus, sand silt og leire. Organiske partikler finnes som ufullstendig nedbrutte rester av døde planter, dyr og mikroorganismer.

2.4.1. Næringsstoffer i jord

Næringsstoffer fra jord som er essensielle for planter livsløp og vekst er nitrogen (N), fosfor (P), kalsium (K), magnesium (Mg), kalium (K) og svovel (S) (makronæringsstoffer) og jern (Fe), bor (B), sink (Zn), nikkel (Ni), kobber (Cu), mangan (Mn), kobolt (Co) og silisium (Si) (mikronæringsstoffer). Mikronæringsstoffene trengs kun i svært små mengder. I den flytende delen av jord, i jordvæsken, blir næringsstoffer løst i form av ioner som tas opp av planterøtter. Oksygen (O₂), karbondioksid (CO₂) og dinitrogen (N₂) er også løst i jordvæsken. De diffunderer og reagerer mellom levende organismer, luftlommene i jorda og atmosfæren. Mengden av næringsstoffer i jorda kan måles i jordanalyser, og resultater kan sammenlignes med klassifiserte verdier (Tabell 1).

N og P kreves i store mengder av planter og blir ofte begrensende for vekst (Chapin *et al.*, 1986). N er det elementet planter trenger mest av, fordi det inngår som hovedkomponent i mange viktige deler av planteceller som proteiner og klorofyll. P er en viktig komponent i adenosintrifosfat (ATP), som brukes til intracellulær energioverføring og fosfolipidene i cellemembranene.

Tabell 1. Klasseinndeling av næringsstoffer fosfor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) Kalsium (Ca) og kobber (Cu) i jord ekstrahert med Ammonium-laktat (AL) og salpetersyre (HNO₃) N vises ikke i denne tabellen fordi plantetilgjengelige former av den ikke binder seg og felles ut på samme måte som andre næringsstoffer. (Yara, 2015)

P-AL, K-AL, K-HNO ₃ , Mg-AL og Ca-AL angis i mg pr. 100 gram tørr mineraljord. Cu angis i mg pr. kg tørr mineraljord		Klasse			
		1 Lite	2 Middels	3 God	4 Meget god
P-AL	Lettløselig fosfor	0 – 4	5 – 7	8 – 10, 11 – 14	>14
K-AL	Lettløselig Kalium	0 – 6	7 – 15	16 – 30	>30
K-HNO ₃	Syreløselig kalium	< 30	30 – 79	80 – 119	>119
Mg-AL	Lettløselig magnesium	0 – 2	3 – 5	6 – 9	>9
Ca-AL	Lettløselig kalsium	<50	50 – 99	100 – 199	>199
Cu	Kobber	0 – 1	1,1 – 2	2,1 – 5,0	>5,0

2.4.2. Kationebyttekapasitet

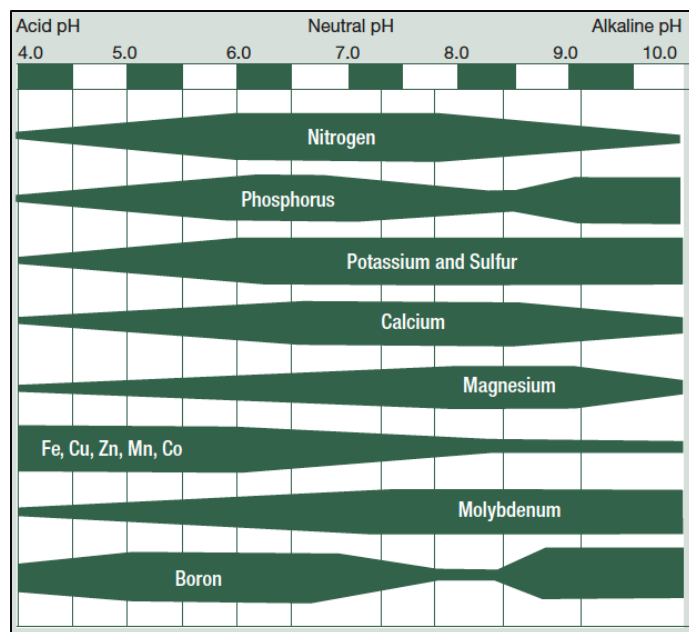
Plantetilgjengelige næringsstoffer forekommer i form av negativt ladde anioner eller positivt ladde kationer. Eksempelvis er N plantetilgjengelig som ammonium (NH₄⁺) og nitrat (NO₃⁻), og P er plantetilgjengelig som fosfater (H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ eller PO₄³⁻). Evnen jord har til å utveksle og holde på ioner blir kalt kationebyttekapasitet (CEC). En høy CEC i jord vil si at den har en stor partikkeloverflate med negative ladninger som holder på positivt ladde ioner (Brady & Weil, 2010). CEC bestemmes av materialet i jorda og varierer sterkt mellom ulike jordtyper. Organisk materiale i jorda øker CEC ved å ha en høy forekomst av negative ladninger på overflaten som kan holde på og bytte ut positive ioner. Negativt ladde ioner avstøtes av den negativt ladde overflaten, og befinner seg oftere løst i jordvæsken eller bundet til positivt ladde jordpartikler. Ionene er tilgjengelige for planterøttene når de ligger løst i jordvæsken. De er også tilgjengelige for planterøttene når de er adsorbent på overflaten av partikler i jorda; planterøttene skiller ut et H⁺ ion som kan byttes ut med ionet. Organisk materiale er på den måten et gunstig medium for plantevekst ved at det har en god evne til å sørge for at planter har god tilgang på næringsstoffer.

2.4.3. C/N forhold

Det er ofte hard konkurranse mellom planter og mikroorganismer om N i lett tilgjengelige former i jorda. Alle organismer trenger nok N til å danne essensielle nitrogenholdige komponenter i cellene. Samtidig trengs det nok karbon (C) som energikilde. Forholdet mellom C og N (C/N forholdet) i jorda er avgjørende for om det er rikelig med N for alle samtidig. Siden mye av C blir respirert og tapt som CO₂, trenger mikroorganismer ifølge Taiz & Zeiger (2010) 1 gram N for 24 gram C. Det betyr at dersom innholdet av N i jorda er lavt og C/N forholdet overstiger 25 blir det aller meste av tilgjengelig N bundet i cellene til mikroorganismer. Det vil da oppstå nitrogenmangel i planter som vokser der. Forholdet mellom C og N er vanligvis mellom 8 og 15 i toppjordlaget av dyrkbar jord på friland (Brady & Weil, 2010). Jord med C/N forhold som nærmer seg eller overstiger 20 er ugunstig for plantevekst. Store deler plantetilgjengelig nitrogen i form av NH₄⁺ og NO₃⁻ i jord blir tatt opp av andre organismer enn planter dersom C/N forholdet nærmer seg eller overstiger 20.

2.4.4. Surhetsgrad (pH)

Surhetsgraden i jord måles i form av pH, som er en målenhet for konsentrasjonen av hydrogenioner [H⁺] i en løsning (McCauley *et al.*, 2009). Graden av surhet uttrykkes i en pH skala som vanligvis går fra 0 til 14. I jord er pH normalt mellom 5,5 og 8,5. Dyrket jord i Norge har normalt pH-verdier mellom 5 og 6 (Store norske leksikon, 2014). En lav pH under 7 tilsier en overvekt av H⁺ ioner, og regnes som surt. Surhetsgraden i jord påvirker plantetilgjengeligheten til enkelte næringsstoffer (Figur 2) P er et av næringsstoffene som påvirkes sterkt av pH. Ved en pH under 5,5 blir de plantetilgjengelige fosfatene H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ og PO₄³⁻ lett bundet positivt ladde ioner av Al og Fe (Fe²⁺, Fe³⁺ og Al³⁺). Bundet som Fe- eller AlPO₄ er P utilgjengelig for planter. Når pH-verdien er over 7,5 kan P binde seg til Ca eller Mg (Taiz & Zeiger, 2010). Fe, Cu, Zn, Mn, Co og B blir også mer utilgjengelige for planter når pH overskrider 7. Ideell pH i vekstjord er ifølge Taiz & Zeiger (2010) mellom 5,5 og 6,5. Da er de fleste næringsstoffene godt tilgjengelige. Når pH i en jordløsning blir svært lav, oppstår en toksisk effekt i planter. Den toksiske effekten oppstår fordi overvekten av H⁺ ioner løser opp aluminium, som det finnes mye av i mineraler fra jordskorpen. Frigjort aluminium skader planterøtter (Taiz & Zeiger, 2010). Dette er sjeldent et stort problem i organisk jord, siden innholdet av aluminium er lavt i den typen jord.



Figur 2. Effekten av pH på tilgjengelighet av næringsstoffer i jord. Opprinnelig fra Polomski (2007)

2.4.5. Nitrogenfiksering

De uorganiske partiklene fra det som en gang var fast berggrunn er opphavet til de fleste av næringsstoffene, men N (og svovel) kommer opprinnelig fra atmosfæren i gassform. Selv om atmosfæren består av 78 % N, er trippelbindingen mellom nitrogenatomene i N_2 så sterk at det ikke er mulig for planter å bruke det i den formen. Kun N som er omgjort av nitrogenfikserende bakterier i jorda eller i noen tilfeller av energien i lynnedslag er tilgjengelig for planter. De fleste planter benytter seg av tilfeldig frigjort N i form av NO_3^- eller NH_4^+ som ligger tilgjengelig i jordvæsken, men noen planter som for eksempel arter i erteblomstfamilien (*Fabaceae*) har et tett samarbeid med underarter av mikroorganismene *Rhizobia*, som ved hjelp av enzymer reduserer N_2 til NO_3^- (Somasegaran & Hoben, 2012).

2.4.6. Kriterier for vekstjord

Pallekarmer må fylles opp med jord, og det mest aktuelle er å fylle opp med en produsert vekstjord. En god vekstjord skal ha stabil struktur over tid og støtter plantevekst best mulig. Det er viktig med en struktur som kan håndtere vann ved å ha god evne til å holde på plantetilgjengelig vann og næringsstoffer samtidig som overflødig vann dreneres bort (Krogstad, 2015). Karbonholdig organisk materiale i vekstjord sørger for en god struktur som holder på næringsstoffer. Videre er god vekstjord ugras- og sykdomsfri, lukter lite og bufferer mot pH-endringer. Den bør være tung nok til å holde store planter forankret.

Kvalitet på vekstjord er bestemt av sammensetningen av mineraler og organisk materiale, pH og mengdeforhold mellom næringsstoffene. Forholdet mellom nitrogen og karbon i jordblandingen bør være lavt, slik at N er godt tilgjengelig for planter. Produsert jord består tradisjonelt av utgravd torv fra våtmark som er tilsatt små mengder kunstgjødsel, kalk og sand. I nyere tid har uttak av torv blitt ansett som en miljøbelastning (Lindahl, 2015) og det er et ønske om å heller benytte jordblandinger som i større grad er basert på kompost.

2.4.7. Organisk kompostbasert vekstjord

Kompostbaserte jordblandinger er gode som et jordforbedringsmiddel i en sur og næringsfattig jord, men som rent vekstmedium kan det oppstå utfordringer. En organisk jordblending basert på kompost består av mer enn 50% organisk materiale der en betydelig del av det er i form av næringsrik kompost. I en organisk jord må næringsstoffer først brytes ned til uorganisk form før de blir tilgjengelige for planter. Utfordringen med organisk jord uten tilsatt mineralgjødsel er dermed å sørge for et innhold av organisk materiale som er kompostert godt nok til å kunne tilføre rikelig med plantetilgjengelig næring. Dårlig kompostert materiale kan hemme tilgjengeligheten av næringsstoffer for planter. Å forsyne grønnsaker og potet med næring basert hovedsakelig på kompostbaserte komponenter er utfordrende, for de har et krevende behov for spesielt N og P i plantetilgjengelig form.

2.4.8. Kompostert avfall

Organisk avfall er alle former for nedbrytbart materiale fra forbruk (matavfall), hagebruk (kvis, løv og andre planterester) og organisk avfall fra industri og produksjon. Det kan komposteres i ulike enkle systemer til en moden kompost, der råmaterialet er brutt ned av mikroorganismer til en luktfri homogen masse med godt næringsinnhold og god struktur. Kvaliteten på kompost avgjøres av innholdet i råmaterialet og modningsgraden. Innholdet av karbonrikt (kvis og flis) og nitrogenrikt (matavfall) materiale bør være i et forhold som stimulerer mikroorganismene til å bryte ned råmaterialet effektivt. Dersom forholdene er riktige, vil siste fase av modningen frigjøre plantetilgjengelig N i form av NH_4^+ og NO_3^- . Når moden kompost tilføres i en jordblending, vil det være en god kilde til mineralnæring samtidig som det forbedrer massens evne til å holde på vann, til å motstå endring i pH, og til å utveksle mineralnæringen mellom jordpartikler og planterøtter (Jiménez & Garcia, 1989). Dersom jordprodukter som benyttes i den urbane dyrkingen baseres på kompost, kan det gi et mer bærekraftig urbant hagebruk som baserer seg på sirkulering av avfall.

To spesielle typer resirkulerbart avfall som benyttes i utvikling av jordblandinger er biorest og vermikompost. Biorest er restmaterialet fra matavfall som komposteres i et biogassanlegg. Når dette restmaterialet avvannes, har det et lavt innhold av N, men et konsentrert innhold av P. Vermikompost er kompostert materiale som er omgjort i fordøyelsen til en tett bestand av meitemark, til forskjell fra vanlig kompost som blir omgjort under høy temperatur av mikroorganismer. Vermikompost er verdsatt som en stabil og næringsrik kompost, spesielt i hensyn til N. Det er påvist positiv effekt på plantevekst når det tilsettes i jordblandinger (Zaller, 2007).

2.5. Dyrking av potet, erter og kålrot

Poteter og grønnsaker er krevende vekster som trenger gode forhold i tillegg til høy arbeidsinnsats for å gi god avling. De trenger god tilførsel av vann, og er sårbare for korte perioder med tørke. For mye vann kan være like skadelig, siden det hindrer tilgangen på oksygen for røttene.

2.5.1. Potet

Poteten som dyrkes i Norge (*Solanum tuberosum*) er en plante i søtvierfamilien *Solanaceae* som kommer opprinnelig fra høylandet i Andesfjellene i Peru. Det er en flerårig plante i sitt opprinnelige miljø, men dyrkes som ettårig. Veksten blir uansett ettårig på grunn av at både frost og sykdommer dreper de overjordiske delene i løpet av høsten. Knollene som høstes er botanisk sett underjordiske oppsvulmede stengler.

Temperatur påvirker avlingen i potet; kjølige temperaturer fremmer dannelsen av knoller (Wien, 1997). I tillegg påvirker tørke vekst og avling ved at potetplanter er spesielt raske til å lukke spalteåpningene i bladet når vanntilgangen i jorda blir lav, og dermed reduseres veksten ved at det blir lavere aktivitet i plantene (Ojala *et al.*, 1990). Vind er påvist å være en stressende faktor som kan gi redusert lengdevekst i stengelen og redusert vekt i knollene (Akers & Mitchell, 1985).

De beste knollene av potet blir ifølge Wien (1997) dannet i lett sandig jord, eller i organisk jord. pH bør være mellom 4,8 og 5,4. En gjennomsnittlig avling av poteter trenger ifølge Yara AS (2014) 10,5 g/m² N og 1,8 g/m² P. Mangel på N i potet viser seg i form av svak stengelvekst, og små blekgrønne blader. Ved mangel på P blir veksten stagnert, stenglene blir tynne, og bladene krøller seg i kanten og blir mørkt grønne (Aasen, 1986). Det er viktig med moderat tilgang til N for normal knollutvikling, høyere planter, lengre internodier og flere forgreininger. En altfor høy tilførsel av

N stimulerer imidlertid veksten i stengel og blad på bekostning av knoller, og hemmer dermed knollveksten (Wien 1997). Tilgangen på N i vekstmediet er dermed avgjørende for avlingen.

2.5.2. Tørråte på potet

Tørråte er en viktig sykdom i potet og forårsakes av eggsporesoppen *Phytophthora infestans* (Meadow *et al.*, 2008). Symptomer på tørråte er brune flekker på blad og stengler og et hvitt belegg av sporer rundt flekkene på undersiden av bladene. I knollene dannes det uregelmessige brune partier på overflaten, og en brunfarget råte som gradvis går innover i det friske vevet. Tørråten kan angripe potetplanter hele sesongen, og dreper potetriset i løpet av 2-3 uker under gunstige forhold. Luftfuktighet og temperatur er essensielt for tørråte. Den vokser og formerer seg rikelig kun dersom luftfuktigheten er nær 100%, og temperaturen er mellom 15 og 22°C. I Norge kan utbrudd av tørråte bli forvarslet når forholdene har temperaturer mellom 10 og 24°C, relativ luftfuktighet over 75% midt på dag og nedbør over 0,1 mm i løpet av perioden (Førsund, 1983). For at sporer skal kunne spire og infisere nytt plantevev må det enten være over 90% luftfuktighet eller fritt vann på overflaten i flere timer (Harrison & Lowe, 1989). Det kreves dermed en lengre periode med fuktig overflate på plantene eller fuktig luft for at tørråte får mulighet til å angripe plantene.

Potetsortene 'Svart Valdres', 'Åspotet' og 'Tromøypotet' er gamle norske sorter som har lav resistens mot sykdommer sammenlignet med nyere sorter (Asdal, 2008; Asdal, 2012b). Sorten 'Troll' er en nyere sort som har god resistens mot tørråte i knollene (Meadow *et al.*, 2008).

2.5.3. Erter

Erter (*Pisum sativum*) er ettårige planter i erteblomstfamilien *Fabaceae*. Opprinnelig kommer kultiverte erter fra middelhavet, men dyrkes i stor grad over hele verden som en viktig matplante. De dyrkes for hele frøkapselen eller bare frøene som avling.

Erter er ikke spesielt varmekrevende. Avlinger kan bli like store i kjølige som i varmere sommertemperaturer (Moen, 1943). Vind kan være kritisk for erter, siden de har et grunt rotsystem som lett blåses løst fra festet (Loomis & Connor, 1992). Det er påvist at erterplanter får tykkere kortere stengel i vindutsatte forhold (Biddington, 1986; Mitchell, 1977). Det kan dermed være utfordrende for erter å vokse under ekstreme forhold på takflater i urbant hagebruk.

Erter trives spesielt i en veldrenert oksygenrik jord som stimulerer veksten og det symbiotiske forholdet med *rhizobium*, men den bør ikke være for sandig. De trives også best med moderat

innhold av kalsium i jorda, og en pH mellom 6 og 7 (Wien, 1997). Selv om erteplanter får god tilgang på N fra symbiosen med *rhizobium*, er det anbefalt en moderat tilførsel av N tidlig i sesongen for å sikre god avling. For høy tilførsel av N kan imidlertid redusere symbiosen fordi plantene ikke trenger å investere i den. Det er dermed optimalt med en jord som er godt drenert, har en nøytral pH og lav mengde gjødsel for god avling i erter.

Veksten i *Pisum sativum* kan variere fra lave sorter med stengel under 60-70 cm, eller høyere planter som kan bli opptil 2,5 meter (Asdal, 2012a). Høyere planter er avhengige av å støtte seg til andre planter eller støtteobjekter ved hjelp av slyngtråder. Sorten 'Lydia' er en svensk margert og 'Lav Margsukkerert' er en norsk margert (SESTO, 2015). Begge regnes som middels høye sorter av erter, og forventes å bli rundt en meter.

2.5.4. Kålrot

Kålrot (*Brassica napus* var. *Napobrassica*) er en plante i korsblomstfamilien *Brassicaceae*. Den nederste delen av stengelen og rota er utviklet til en oppsvulmet knoll, som er det den dyrkes for. Det har vært en viktig matplante i Norge på grunn av potensialet for store avlinger per areal, et høyt innhold av c-vitamin, herdighet for kulde og gode vinterlagringssevne (Moen, 1949).

Temperatur bør helst være lav for kålrot, som er en kuldetilpasset plante. Den vokser bedre og får bedre kvalitet ved lave temperaturer ned til 9°C (Johansen & Mølmann, 2015). Vind kan føre til at kålplanter får tynnere stengel, mindre bladmasse og redusert vekt av roten, samt at de tørker lett (Biddington, 1986). Det er i hensyn til det ugunstig å dyrke kålrot i et miljø med sterk vind og høy temperatur.

Forsøk med dyrking av kålrot i ulike jordarter har vist at røttene vokser omtrent like godt i alle jordtyper (Moen, 1949). Kålrot trives dårlig ved høy pH, og den bør helst være under 7 (Olsen, 2000). Rikelig tilgang på N kan føre til at kålrot får en unormalt stor form og oppsprekking på rotknollen (Dragland, 1991). For lite N gir imidlertid sterkt redusert avling. Tilgang på P og K er viktig for kålrot, og det er anslått at fosfortall (P-AL) under 6 og kaliumtall (K-AL) under 10 (Tabell 1) tyder på behov for tilførsel av disse næringsstoffene (Dragland, 1991). Mangel på P i kålrot viser seg i form av matt, mørk, blågrønn farge på blader, og mangel på N i kålrot viser seg i form av blekgrønn farge på unge blad og redusert vekst (Aasen, 1986).

Ifølge norsk standard (NS2833, 1991) skal en kålrot være mellom 0,5 og 2 kg. En gjennomsnittlig avling av kålrot fra 1 m² jord inneholder 10 g/m² N og 2 g/m² P i røttene.

2.5.5. Insektangrep på kålrot

Kålrot er utsatt for insekter som har spesialisert seg på kålplanter. Plantene skiller ut en sammensetning av luftbårne kjemikalier som lett gjenkjennes av spesialistene (Bruce & Woodcock, 2005). Det finnes fem viktige sommerfugler med larver som angriper kålplanter. Liten og stor kålsommerfugl (*Pieris rapae* og *P. brassicae*), kålmøll (*Plutella xylostella*) Kålpyralide (*Evergetis forficalis*) og kålfly (*Mamestra brassicae*). Andre insekter som er skadedyr på kålvekster er nepejordlopper (*Phyllotreta* spp.), håret engtege (*Lygus regulipennis*), larver av stor og liten kålflue (*Delia radicum* og *D. floralis*) og kålgallmygg (*Contarinia nasturtii*) (Fagertun *et al.*, 2003). Bruk av fiberduk eller insektnett over plantene er en effektiv måte å beskytte mot insekter.

3. Materialer og metode

To ulike forsøk ble gjennomført sommeren 2014 og 2015. Det første året i 2014 ble det dyrket potet, erter og kålrot i pallekarmer på takflater i østregionen av Oslo. Det andre året i 2015 ble det gjort forsøk på betydningen av mengde jord og ulik gjødselmengde for poteter dyrket i pallekarmer.

3.1. Dyrking av grønnsaker og potet i pallekarmer på tak i Oslo

3.1.1. Materialer

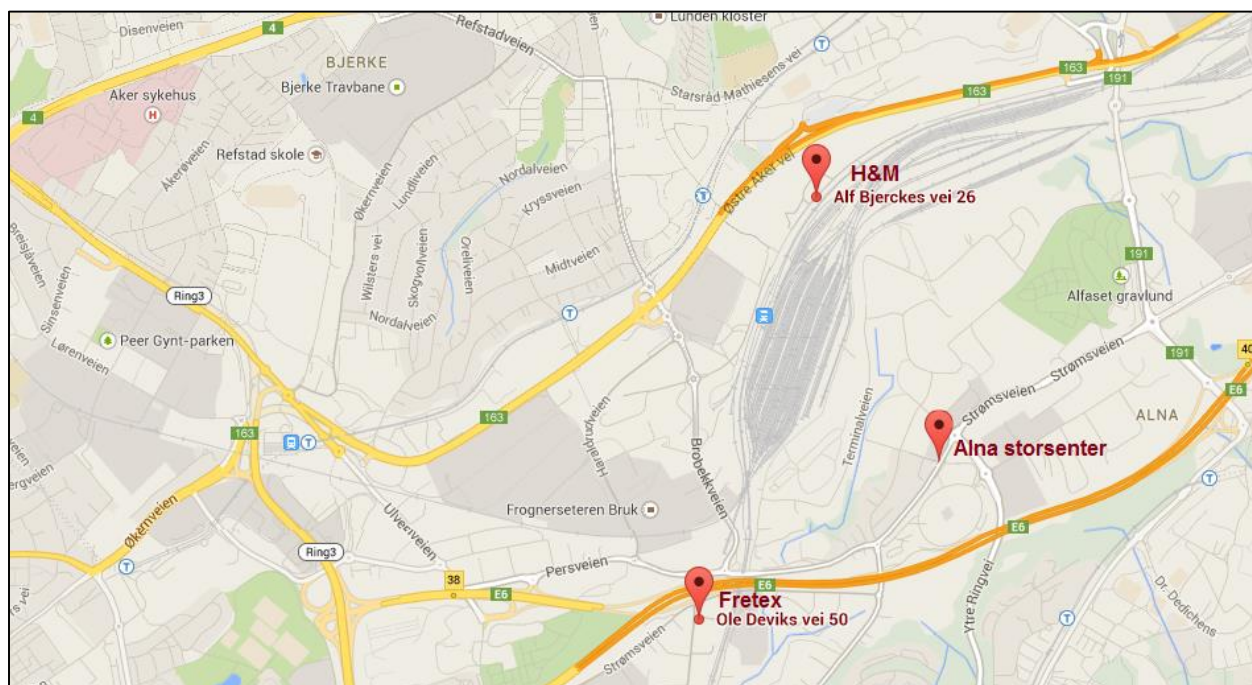
Det ble valgt ut til sammen 8 ulike sorter av grønnsaker og potet til forsøket. Fire sorter potet (*Solanum tuberosum*); ‘Troll’, ‘Svart Valdres’, ‘Åspotet’ og ‘Tromøy’. To sorter erter (*Pisum sativum spp. sativum*), sukkererten ‘Lav Margsukkerert’ og margerten ‘Lydia’. To sorter kålrot (*Brassica napus var. Napobrassica*) ‘Bangholm Wilby Øtofte II’ og ‘Vige’. Alle sortene av poteter, erter og kålrot med unntak av potetsorten ‘Troll’ ble bestilt fra Nordisk genressursenter (NordGen). Knollene av ‘Troll’ kom fra Institutt for plantevitenskap (IPV). De tre andre potetsortene ‘Svart Valdres’, ‘Åspotet’, og ‘Tromøy’ er registrert som landraser, norske lokale sorter med unik foredlingslinje og historie. Disse potene ble levert i form av miniknoller. Erter og kålrot ble levert i form av frø.

Det ble til sammen brukt 12 pallekarmer som var sammensatt av en standard 1200 x 800 cm europalle og to rammer på 20 cm hver. Pallene ble lånt fra Vollebekk forsøksgård, og rammene ble kjøpt fra Palledistributøren AS (palledistributøren.no). I bunnen ble det lagt et dobbelt lag med gjennomtrengelig filtduk for å holde jord og vann på plass.

Jorda i pallekarmene var en organisk kompostbasert jord fra Lindum AS. Det organiske materialet er i form av biorest, vermikompost, hageavfallskompost og kompostert bark. Disse komponentene skal til en viss grad kunne erstatte behovet for torv og mineralgjødsel. Blandingen består ellers av sand og silt for strukturens del. I prosentandeler er blandingen sammensatt av 40 % sand (10 % vigdal-sand og 30% egge-sand), 25 % barkkompost, 20 % matavfallsbasert biorest og vermikompost i varierende forhold (ca. 5 % vermikompost og 15 % biorest) 10 % hageavfallskompost og 5 % silt.

3.1.2. Steder

Vekstforsøket var fordelt på fire ulike steder. Tre av de var på takflater i Oslo, og et sted på friland i Ås i åkeren på Vollebekk forsøksgård. Takflatene i Oslo var nærheten av Alnaområdet i østregionen (Figur 3). Det ene taket var en takterasse på Fretex AS kontorbygg i Ole Deviks vei 50, det andre et grønt tak på Hennes & Mauritz (H&M) kontorbygg i Alf Bjerckens vei 26, og det tredje var et grønt tak på Alna Storsenter. Taket på Fretex var en takterasse uten vegetasjon. Taket på H&M var et grønt tak med gressdekke, som holdt seg frodig gjennom sommeren på grunn av et vannsprederanlegg. Alna storsenter var toppet av torvjord med gress og blomster.



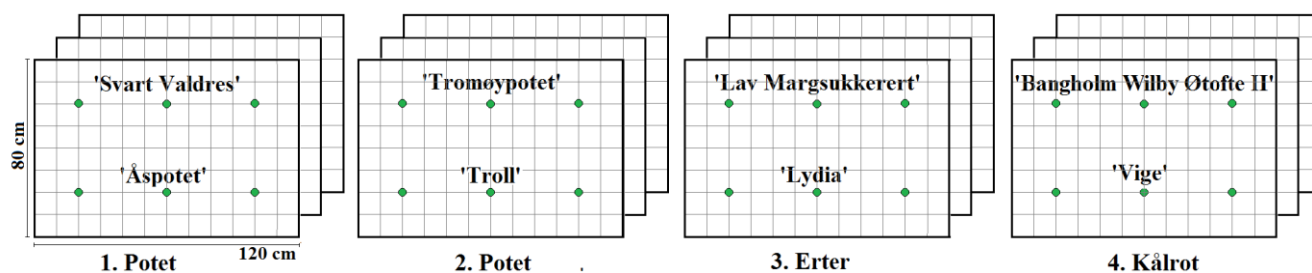
Figur 3. Kart over takflatene i Oslo øst som ble dyrket på i forsøket.

3.1.3. Utførelse

På hver av de tre takflatene ble det satt opp fire pallekarmer som ble fylt med jord opp til 20-30 cm. På hvert sted var to pallekarmer til poteter, en til erter og en til kålrot (Figur 4). I Ås ble tilsvarende planter dyrket i feltet ved Vollebekk forsøksgård.

Miniknollene av potet ble satt til forspiring 7. mai i pluggbrett med vekstjord og fin sand for å sikre at utvalgte knoller spirte godt. Forspirte miniknoller og settepoteter av 'Troll' ble plantet ut i kassene 29. mai. Ertene ble bløtlagt 14. mai og plantet 15. mai på brett inne i Senteret for klimaregulert planteforskning (SKP). Etter spiring ble 24 planter valgt ut og overført til pluggbrett. Pluggbrettene ble fraktet til Oslo og Vollebekk i Ås og småplantene ble plantet ut i felt på Vollebekk og i pallekarmene i Oslo 1. juni. Etter hvert som de ble over 10 cm ble det satt opp et stativ av bambuspinner og hønsenetting over en meter i høyde for å støtte den klatrende veksten. Frø fra kålrot ble bløtlagt 14 mai og plantet på brett 15. mai i veksthus ved SKP. Etter spiring ble 24 planter valgt ut og overført til pluggbrett. Pluggbrettene ble fraktet til Oslo og Vollebekk i Ås og småplantene plantet ut i felt på Vollebekk og i pallekarmene i Oslo 2. juni.

Hvert gjentak i Oslo ble behandlet likt i forhold til planting, vekstmedium, gjødsling og vanning. Vanning ble gjort daglig med vannkanne på dager uten regn, og jorda i pallekarmene ble holdt fuktig gjennom sesongen. Vanning ble tilpasset slik at det ikke ble avrenning gjennom filtduken i bunnen av pallekarmene. Vanning på Vollebekk i Ås ble gjort med vannslange. Pallekarmene ble gjødslet med vermikompost; hver kasse fikk tilført 3 L vermikompost, som tilsvarer 1,14 g tilgjengelig nitrogen, 0,33 g fosfat og 2,98 g kalium (Tabell 7). Gjentaket på Vollebekk ble gjødslet av teknikere på samme måte som feltet der vanligvis blir med 0,1 kg/m² YaraMila Fullgjødsel 12-4-18 Micro.



Figur 4. Pallekarmer med beplantning. I hver pallekarm er det plantet seks planter. Målet på pallekarmene er 80 x 120 x 40 cm.

3.1.4. Innsamling av data

Potet

Innsamling av data for potene bestod i å gjøre jevnlige målinger av skuddlengde, måle vekten av avlingen fra hver sort på hvert sted, telle antall potetknoller av hver sort på hvert sted og registrere forekomst av tørråte i bladverket. Skuddlengde ble målt på samme dag hver uke. Det ble målt fra bakkenivå på den dominante stengelen til det øverste apikale skuddmeristemet. Høstingen av poteter ble gjort 2. september.

Potetknollene ble veid med digitalvekt og talt på lageret ved Vollebekk forsøksgård i Ås. Knollene fra hver sort i hver pallekarm ble sortert i fire ulike størrelser i diameter, < 3,5 cm; 3,5 – 5 cm; 5 cm – 7 og > 7 cm. Diameter ble målt ved hjelp av rammer med ulik størrelse.

Gjennom vekstsesongen ble potetene undersøkt for tørråte (*Phytophthora infestans*). Det ble sett etter symptomer av sykdommen på bladverket. Etter høsting ble prøver av bladverk farget med blåfarge (cotton blue) og undersøkt for tegn i form av hyfer og sporer av soppen i mikroskop på laboratoriet ved Bioforsk Plantehelse (nå NIBIO).

Erter.

Innsamling av data for ertene bestod i å jevnlig måle skuddlengde og å telle antall spisemodne belger hver uke. Det ble også notert dato for første blomstring på hver erteplante. Plantene ble målt fra et bestemt nodie nederst på stengelen til det apikale skuddmeristemet øverst en gang i uken i en periode på 12 uker, fra uke 24 til uke 35. Belger over 7 cm ble høstet og talt fra hver erteplante ukentlig fra første modning i uke 26 til avslutning på forsøket i uke 39. Siste høsting ble gjort 24. september, og forsøket med ertene ble deretter avsluttet.

Kålrot.

Datainnsamlingen for kålrot var å måle vekt av rotdelen uten bladmasse, og å samle inn skadedyr på plantene fra hvert sted. Høsting av kålrot ble gjort 20. august, og veiingen ble gjort på lageret ved Vollebekk forsøksgård i Ås. Skadeinsektene på kålrot ble samlet inn ukentlig på hvert sted og lagt på glass med etanol. De ble studert under lupe og identifisert ved hjelp av boken «Plantevern i grønnsaker» (Hofsvang & Ørpen, 2003) og plantevernleksikonet (<http://leksikon.nibio.no/>).

3.2. Betydning av jordmengde og næringstilførsel på potet i pallekarmer

3.2.1. Materialer

12 standard europaller med to 20 cm rammer hver ble plassert i rekke på jordet ved Vollebekk forsøksgård. Pallekarmene ble fylt med jord fra Lindum AS tilsvarende den fra forsøket i sesongen 2014. Gjødsele var Marihøne Pluss (8-4-5), en organisk gjødsel som består av 89% kjøttbeinmel og 11% vinasse (restprodukt fra sukkerfermentering). Det ble brukt to ulike sorter av potet, den gamle landsorten 'Tromøypotet' og den kommersielle sorten 'Troll'.

3.2.2. Utførelse og oppsett

Seks av de 12 pallekarmene ble fylt med jord til en dybde på 35 cm, og de andre seks pallekarmene til en dybde på 20 cm (Figur 5). Det ble gjødslet med Marihøne Pluss i tre nivåer. Fire kasser, to av hver dybde, ble tilført 125 g, fire andre ble tilført 62,5 g og de fire gjenstående ble ikke gjødslet. Gjødsele ble vendt inn i øverste lag av jorda. Tre individer hver av de to potetsortene ble plantet i hver kasse, til sammen 72 potetplanter. Potetene ble satt med 15 cm dybde i kassene 3. Juni. Det ble vannet ved behov gjennom sesongen av teknikere på Vollebekk Forsøksgård, og potetene ble ikke behandlet med plantevernmidler. Etter høsting ble prøver av bladmateriale undersøkt med blåfarge (cotton blue) og mikroskopering på laboratoriet ved Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO) for å bekrefte at tørråte var årsak til nedvisning.

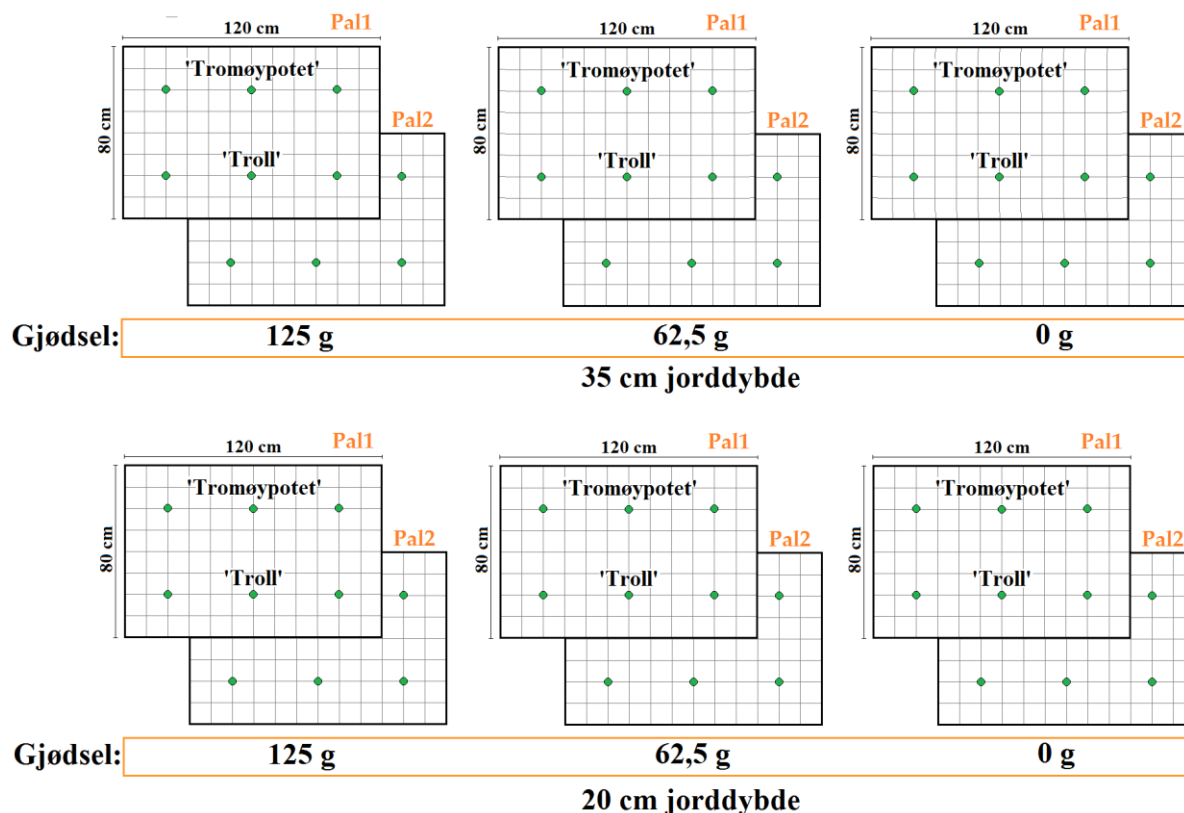
3.2.3. Innsamling av data

I 5 uker fra 1. juli til 19 august ble lengden på stengler ukentlig målt på hver potetplante. Den mest dominante stengelen ble målt fra bakkenivå til øverste skuddspiss.

Potetknollene ble høstet 26. august. De ble som året før sortert i fire ulike størrelser i diameter, < 3,5 cm; 3,5 – 5 cm; 5 cm – 7 og > 7 cm. Antall knoller i hver størrelsesfraksjon ble talt og veid med industrivekt på lageret ved Vollebekk forsøksgård i Ås.

3.3. Statistikk

Resultatene ble behandlet i Excel. I Excel ble det satt opp en modell for enveis variansanalyse for å finne signifikante forskjeller i resultatene fra forsøket i sesongen 2014, og toveis variansanalyse for resultatene fra 2015.



Figur 5. Pallekarmen plassert på friland i Ås sesongen 2015 med to ulike jorddybder og 3 nivåer med gjødsling.

3.4. Jordanalyser

Tre prøver med jord ble samlet i 250 ml pappesker fra hver pallekarm samt fra friland den første sesongen. Prøvene fra hver pallekarm og fra friland ble blandet sammen, og totalt sett ble 16 ulike prøver analysert. Prøvene ble satt til tørk i et døgn ved 49°C. Etter tørking ble prøvene analysert for innhold av C, N og pH på laboratoriet ved Instituttet for Miljøvitenskap (IMV). Ved IMV. Analysene ble utført med analyseinstrumentet Leco TruSpec CHN. Total karbonanalyse ble utført etter *dry combustion* metoden. Bestemmelse av total nitrogen ble utført etter *Dumas* metoden. I tillegg ble verdier for næringsinnhold og pH fra totalanalyser på vekstjorda fra Lindum brukt for å diskutere egenskapene i vekstjorda (Tabell 7)

4. Resultater

4.1 Dyrking av grønnsaker og potet i pallekarmer på tak i Oslo 2014

4.1.1. Resultater for potet

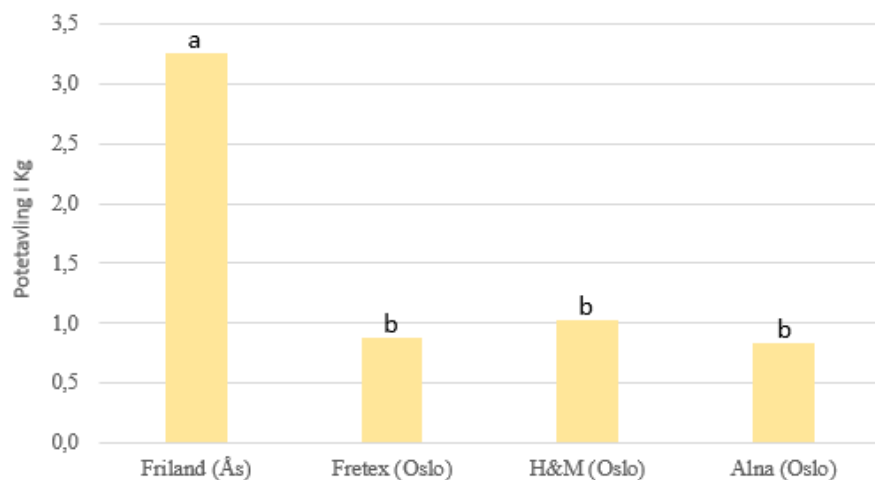
Stengelvekst. Stengelveksten var signifikant lengre på friland i Ås (81,4 cm i snitt) enn i pallekarmene i Oslo (Tabell 2). Veksten i plantene fra pallekarmene var 29,1 cm i snitt for dyrking på Fretex, 32,4 cm for dyrking på H&M og 22,1 cm på Alnasenteret. Det var signifikant forskjell mellom pallekarmene og dyrking på friland, men ikke mellom pallekarmene på hvert tak.

Avling. Gjennomsnittlig avling av potetknoller var høyest på friland (3,3 kg), og var signifikant forskjellig fra avlingen på 0,9, 1,0 og 0,8 kg i pallekarmer på takflater i Oslo (Figur 6). Det var ikke signifikante forskjeller mellom avlingene fra pallekarmer. Det var jevne forskjeller i avling fra hver av de ulike sortene (Figur 7).

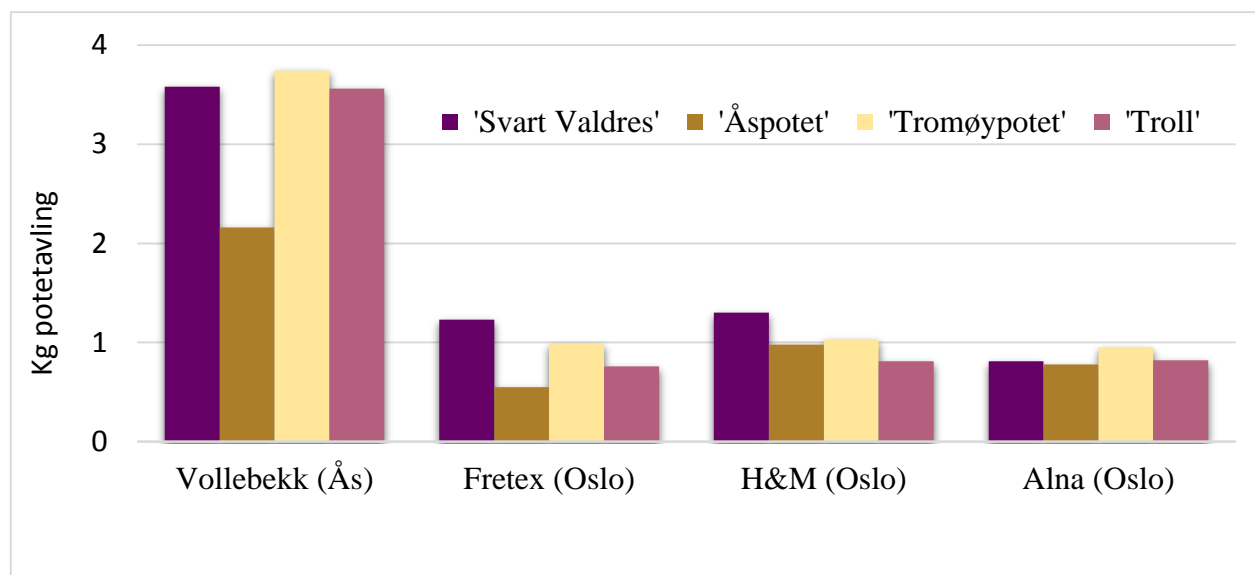
Tørråte. Tørråte (*Phytophthora infestans*) ble ikke påvist på noen av potetene fra gjentakene i Oslo. På friland i Ås ble det observert symptomer av tørråte på alle potetplantene i slutten av august (uke 34). Innen høstingen i begynnelsen av september (uke 36) var alle plantene på friland visnet ned (Figur 9). Det ble funnet sporer av *Phytophthora infestans* på bladverket fra dyrking på friland.

Tabell 2. Gjennomsnittlig stengelvekst i cm for poteter dyrket på friland i Ås og i pallekarmer på tre takflater i Oslo. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$).

Gjennomsnittlig stengelvekst i cm	
Friland (Ås)	81,4 a
Fretex (Oslo)	29,1 b
H&M (Oslo)	32,4 b
Alna (Oslo)	22,1 b



Figur 6. Gjennomsnittlig vekt av total avling i kg for all potet dyrket i pallekarmer på tre tak i Oslo og på friland i Ås. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$).



Figur 7. Gjennomsnittlig vekst av total avling i kg for hver sort av potet dyrket på friland i Ås og i pallekarmer på tak i Oslo.



Figur 8. En av pallekarmene med poteter (tre individer av 'Tromøypotet' øverst og 'Troll' nederst) fra hvert sted på takflater samt potetene dyrket på friland. Bilder tatt i begynnelsen av august.. Øverst fv: Friland på Ås, Fretex. Nederst fv: H&M, Alna. Foto: Siv Aurdal



Figur 9. Potetene i pallekarmen og på friland på høstingsdagen 3. september. Fv: Fretex, H&M, Alna, Friland. Foto: Siv Aurdal

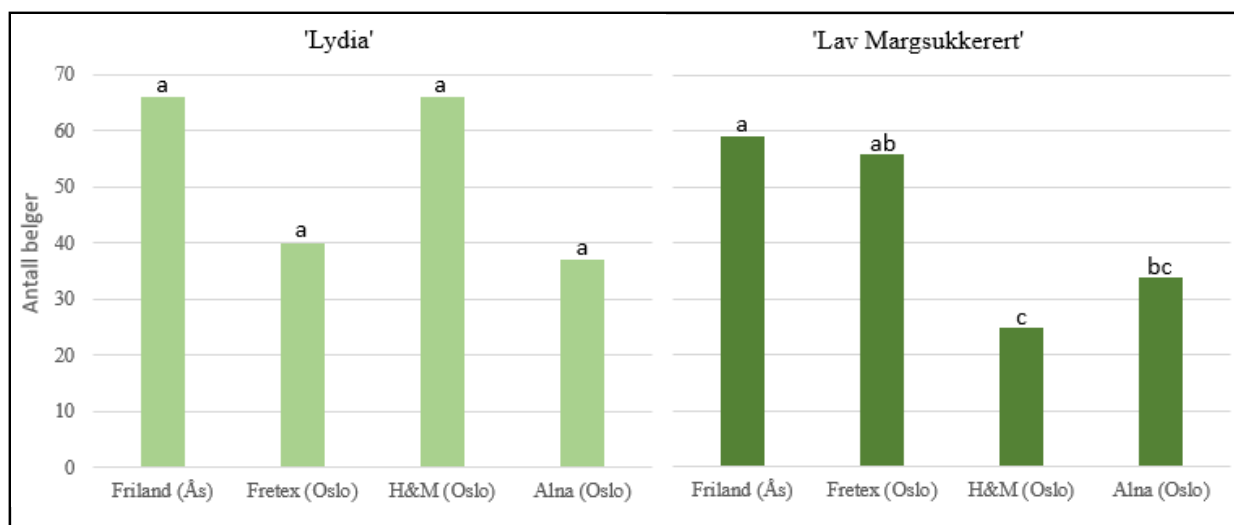
4.1.2. Resultater for erter

Stengelvekst. Gjennomsnittlig vekst på friland var 165,2 cm for 'Lydia' og 165,8 cm for 'Lav Margsukkerert' (Tabell 3). Veksten i 'Lydia' på friland var signifikant forskjellig fra veksten på H&M (107,8 cm) og Alna (81,5 cm), men ikke Fretex (141,5 cm). Veksten i 'Lav Margsukkerert' på friland var signifikant forskjellig fra veksten i alle tre gjentakene på tak. I tillegg var veksten i denne sorten på Alna signifikant forskjellig fra veksten på H&M og Fretex.

Avling. Avlingen (antall belger) av 'Lydia' hadde ingen signifikante forskjeller mellom friland i Ås og pallekarmene på takflater (Figur 10). For 'Lav Margsukkerert' var det ingen signifikante forskjeller mellom avlingen fra plantene på friland og Fretex.

Tabell 3. Gjennomsnittlig stengelvekst i cm for ertesorten 'Lydia' og 'Lav Margsukkerert' samt gjennomsnitt av total vekst av alle erteplanter på de ulike stedene i pallekarmer på takflater i Oslo og på friland i Ås. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$).

Sted	'Lydia'	'Lav Margsukkerert'
Friland (Ås)	165,2 a	165,8 a
Fretex (Oslo)	136,9 a	141,5 b
H&M (Oslo)	122,5 b	107,8 b
Alna (Oslo)	85,6 b	82,6 c



Figur 10. Gjennomsnittlig antall belger fra planter av de to sortene av erter 'Lydia' og 'Lav Margsukkerert' dyrket i pallekarmen på tre takflater i Oslo og på friland i Ås. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$)



Figur 11. Erter dyrket på friland i Ås og i pallekarmen på tak i Oslo. Fv: Friland i Ås, Fretex, H&M, Alna storsenter. Foto: Siv Aurdal

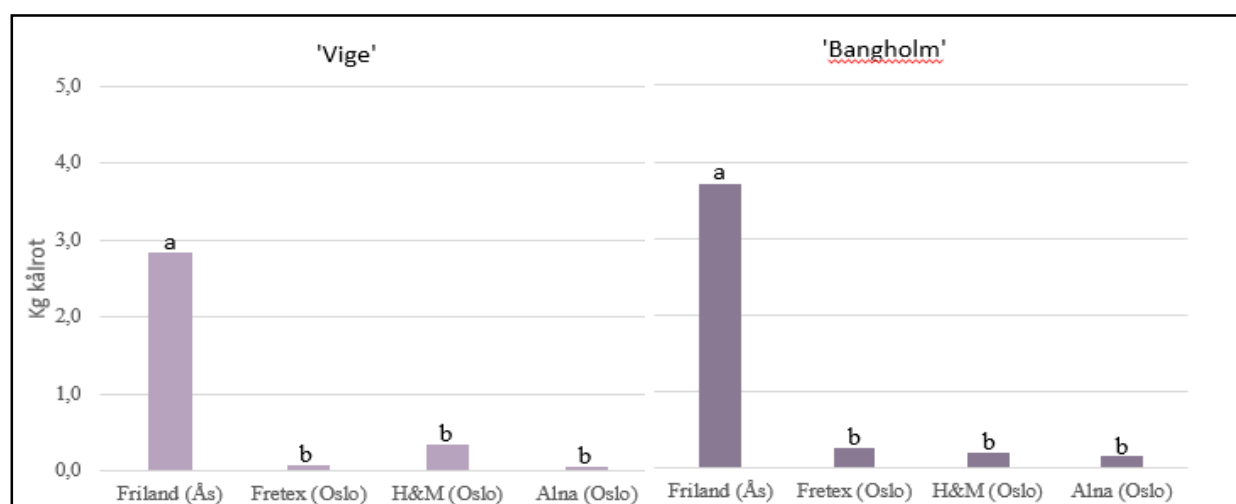
4.1.3. Resultater for kålrot

Avling. Avling av begge sortene kålrot dyrket på friland var signifikant forskjellig fra dyrking i pallekarmer (Figur 13). På friland var avlingene 2,9 kg i snitt for 'Vige' og 3,7 kg for 'Bangholm Wilby Øtofte II'. I pallekarmene var avlingene mellom 0,3 og 0,1 kg. Det var ingen signifikante forskjeller i avling mellom pallekarmer på de ulike lokalitetene.

Skadedyr. Av skadedyr på kålrot var det sterke angrep av fire vanlige skadedyr på kål i pallekarmene i Oslo (Figur 14). De var liten kålflue (*Delia radicum*), liten kålsommerfugl (*Pieris rapae*), kålmøll (*Plutella xylostemma*) og rettstripet nepejordloppe (*Phyllotreta nemorum*) (Figur 15). På friland i Ås var angrep minimalt fordi plantene der var tildekket med fiberduk



Figur 12. Utseendet til kålrotsorten 'Bangholm Wilby Øtofte II' fra friland (til venstre) og fra pallekarmer på takflater (til høyre). Foto: Siv Aurdal



Figur 13. Gjennomsnittlig vekt av kålrot fra de to sortene 'Vige' og 'Bangholm Wilby Øtofte II' dyrket på friland i Ås og pallekarmer på tre takflater i Oslo. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$). Sortene er kjørt hver for seg med Tukey test.



Bilde 1. På friland i Ås. Bilde 2. På taket til Fretex. Bilde 3. På taket til H&M Bilde 4. På taket til Alna

Figur 14. Skadeomfang og utseende på kålrot på samme dag i september. Fv: Kålrot på friland i Ås, Fretex, H&M og Alna i pallekarmen på takflater i Oslo. Foto: Siv Aurdal



Bilde 4. Rettstripet nepejordloppe (*Phyllotreta nemorum*) Bilde 5. Skade av liten kålflue (*Delia radicum*)



Bilde 6. Liten kålsommerfugl (*Pieris rapae*)

Bilde 7. Kålmøll (*Plutella xylostemma*)

Figur 9. Bilder av skadedyr på kålrot dyrket i pallekarmen på takflater i Oslo. Foto: Siv Aurdal

4.2 Effekt av jordmengde og gjødsling på potet i pallekarmer 2015

4.2.1. Vekst

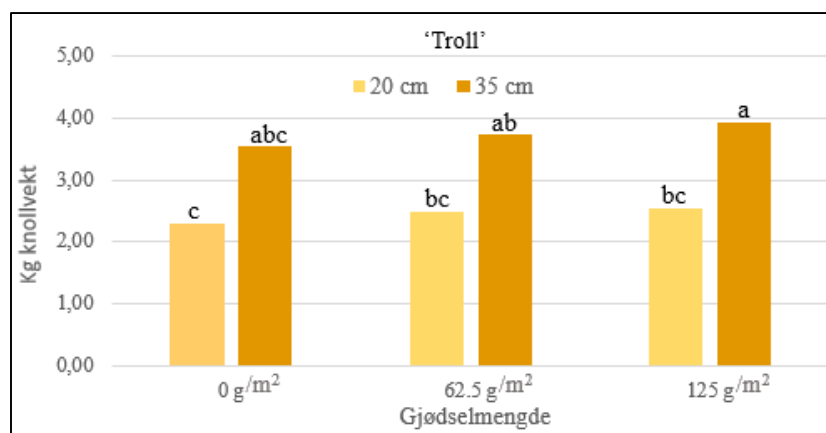
Stengelveksten viste ingen signifikante forskjeller mellom behandlingene med ulik gjødselmengde og jorddybde for sorten 'Troll' (Tabell 4). For 'Tromøypotet' var det signifikant forskjell mellom behandlingene med 20 cm jorddybde og 62,5 g gjødsel, og behandlingene med 35 cm jorddybde og 125 g gjødsel. Lengste stengelvekst var hos sorten 'Troll'. Det var en svakere vekst og gulere farge på blad i alle potetplantene i pallekarmene enn det som er normalt for potetplanter (Figur 8). I uke 34 var potetene visnet ned, og tørråte (*Phytophthora infestans*) ble påvist som årsak.

4.2.2. Avling

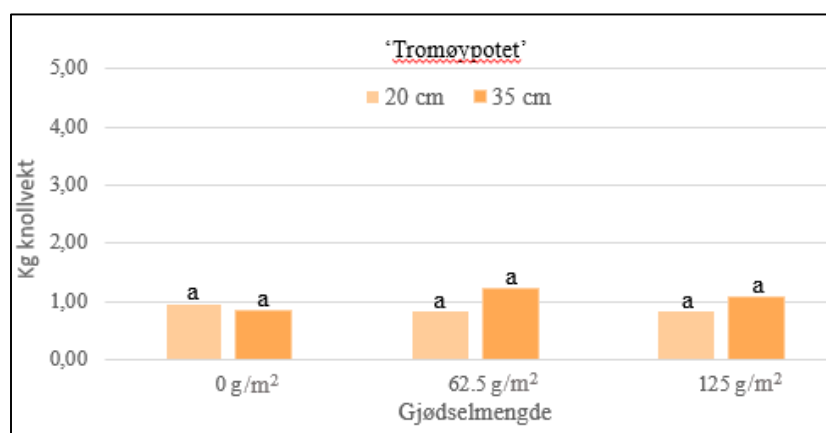
Sorten 'Troll' hadde signifikant høyere avling med 35 cm jorddybde enn med 20 cm jorddybde i pallekarmene med 125 g/m² gjødsling (Figur 16). Det er ikke signifikante forskjeller mellom behandlingene med ulik gjødselmengde. Avlingen av 'Troll' ble 3,5 kg i snitt uten gjødsling, 3,7 kg med halv normalgjødsling (62,5 g/m²) og 3,9 kg med normalgjødsling (125 g/m²). Behandlingene med full normalgjødsling og den største jorddybden på 35 cm er signifikant forskjellig fra alle behandlingene med kun 20 cm jorddybde. Behandlingene uten gjødsling og 20 cm jorddybde hadde den laveste avlingen og var signifikant forskjellig fra alle de andre. For 'Tromøypotet' var det ikke signifikant forskjell i noen av behandlingene (Figur 17). Hverken jorddybde eller gjødselmengde hadde en effekt på den sorten i dette tilfellet.

Tabell 4. Gjennomsnittlig stengelvekst i cm for potetplanter av sortene 'Troll' og 'Tromøypotet' ved ulik jorddybde i cm og gjødselmengde i g/m² i pallekarmer med organisk jord. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$).

Behandling		Gjennomsnittlig stengelvekst	
Jorddybde i cm	Gjødselmengde i g/m ²	'Troll'	'Tromøypotet'
35	125	59,8 a	39,2 b
	62,5	58,7 a	44,2 ab
	0	51,3 a	48,8 ab
20	125	51,0 a	43,2 ab
	62,5	57,5 a	54,2 a
	0	54,3 a	46,0 ab



Figur 16. Vekten av knoller fra potetsorten 'Troll' dyrket i organisk kompostbasert vekstjord i pallekarmer med ulik gjødselmengde (0 g, 62,5 g og 125 g) per m² samt to ulike jorddybder, 20 cm og 35 cm. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$).



Figur 17. Vekten av knoller fra potetsorten 'Tromøypotet' dyrket i organisk jord i pallekarmer med ulik gjødselmengde (0 g, 62,5 g og 125 g) per m² samt to ulike jorddybder, 20 cm og 35 cm. Verdier merket med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige (Tukeys test, $p < 0,05$).



Figur 18. Bilde av pallekarmer med 'Troll' og 'Tromøypotet' i forsøket 2015. Foto: Siv Aurdal

4.3 Jordprøver

4.3.1. Surhetsgrad (pH).

Vekstjorda hadde en pH på 7 ifølge totalanalysene fra Lindum (Tabell 7). I følge analyser fra forsøket (Tabell 5 og Tabell 6) hadde vekstjorda en pH-verdi over 7. Det første året (Tabell 5) var pH 7,46 i utgangspunktet før dyrking. I slutten av sesongen etter høsting var pH-verdiene i gjennomsnitt 7,52 i pallekarmene med potetplanter, 7,53 for erterplanter og 7,54 for kålrotplanter. Jord fra friland i Ås hadde en pH-verdi på 5,4 i slutten av sesongen. I den andre sesongen var pH 7,59 i jorda gjødslet med 125 g/m² hønsegjødsel, 7,60 i jorda med 62,5 g/m² hønsegjødsel og 7,57 i jorda uten gjødsel

4.3.2. Karboninnhold

Karboninnholdet den første sesongen var i utgangspunktet 4,60% (Tabell 5). I slutten av sesongen var karboninnholdet 4,77, 4,78 og 5,12 % henholdsvis for pallekarmene med potet, erter og kålrot. I jord fra friland i Ås var karboninnholdet 1,37 %. Den andre sesongen var karboninnholdet i utgangspunktet 5,66 % (Tabell 6). I slutten av sesongen var karboninnholdet 5,95, 4,87 og 4,89 % henholdsvis for pallekarmene med 125, 62,5 og 0 g/m² hønsegjødsel.

4.3.3. Nitrogeninnhold

Plantetilgjengelig N i vekstjorda var 192 mg/L NH₄⁺ og 7 mg/L NO₃⁻, avrundet til 200 mg/L (Tabell 7). Totalt innhold av N (Tot. N%) den første sesongen var i utgangspunktet 0,20 % (Tabell 5), og i slutten av sesongen var totalt innhold 0,23, 0,23 og 0,24 % henholdsvis for pallekarmene med poteter, erter og kålrot. Jord fra friland i Ås hadde 0,12 % N. Den andre sesongen var innholdet av N 0,37, 0,35 og 0,34 %.

Tabell 5. Gjennomsnitt av jordanalyser for jordprøver av jord fra friland i Ås og organisk jordblanding fra hver pallekarm på takflater i Oslo med potet, erter og kålrot.

	pH	Tot. C%	Tot. N %	C/N
Jord i pallekarmer – Potet	7,52	4,77	0,23	20,73
Jord i pallekarmer – Erter	7,53	4,78	0,23	20,47
Jord i pallekarmer – Kålrot	7,54	5,12	0,24	20,98
Jord i pallekarmer - Utgangspunkt	7,46	4,60	0,20	23,43
Jord fra friland i Ås	5,40	1,37	0,12	11,72

Tabell 6. Gjennomsnitt av jordanalyser for jordprøver av organisk kompostbasert jordblanding med ulike mengder hønsegjødsel; 125 g (normalgjødsling), 62,5 g og 0 g.

Gjødselmengde	pH	Tot. C%	Tot. N %	C/N
125 g/m ²	7,59	5,95	0,37	16,06
62,5 g/m ²	7,60	4,87	0,35	14,52
0 g/m ²	7,57	4,89	0,34	14,97

Tabell 7. Innholdet av plantetilgjengelige næringsstoffer, Aluminium (Al) og pH i jordblandingen "organisk kompostbasert vekstjord" (OKV), i den tilsatte bioresten fra Hadeland og Ringerike avfallsselskap (HRA) og i vermikompost. Tabell og analyser fra Lindum AS.

	OKV	Biorest HRA	fra Vermikompost
Nitrat, mg/l	192	20	377
Ammonium, mg/l	7	8	2
Fosfat, mg/l	43	414	111
Kalium, mg/l	574	1093	996
Magnesium, mg/l	110	404	259
Svovel, mg/l	212	196	95
Kalsium, mg/l	1216	1230	1919
Natrium, mg/l	90	906	732
Klor, mg/l	42	1127	750
Mangan, mg/l	4,3	10,5	1,6
Bor, mg/l	3,2	2,8	1,4
Kobber, mg/l	3,2	2,3	1,8
Jern, mg/l	487	67	55
Zink, mg/l	21	32	34
Molybden, mg/l	0,09	0,11	0,05
Aluminium, mg/l	1,6	0,7	0,4
pH	7	7,3	7,8

5. Diskusjon

Det er gjort generelle erfaringer med en spesifikk form for urbant hagebruk: dyrking av krevende grønnsaker og potet i pallekarmer på takflater med en kompostbasert vekstjord. Erfaringene som er gjort her viser hvordan mikroklimaet på tak og forhold i en kompostbasert vekstjord kan påvirke vekst og avling i potet og grønnsaker. Forsøkene har vist at kompostbasert vekstmedium og mikroklimaet på takflater er svært utfordrende for poteter, erter og kålrot. Faktorer i vekstjorda har hatt størst betydning for den lave avlingen, men stress fra mikroklimaet på tak har redusert plantevekst og avling ytterligere.

5.1. Dyrking av grønnsaker og potet i pallekarmer på tak i Oslo 2014

5.1.1. Effekt av mikroklimaet på takflatene

Mikroklimaet på takflatene begrenset lengdevæksten i plantene ved å påføre tørke- og mekanisk stress. Det har i tillegg til begrensende faktorer i vekstjorda ført til en betydelig lavere avling i plantene som ble dyrket i pallekarmer.

Kontinuerlig vind, høyere temperaturer og redusert luftfuktighet gjorde at plantene ble utsatt for tørkestress. Stengelveksten i potet og erter var betydelig lavere på taket til Alna storsenter (Tabell 2, Tabell 3). For ertesorten 'Lav Margsukkerert' var forskjellen på dette taket signifikant forskjellig fra veksten på de andre takflatene. Alna storsenter var det taket som var mest vindutsatt; på det taket var det helt åpent uten le fra høyere vegger eller nærliggende strukturer. Siden lengdevæksten var lavest her, er det rimelig å anta at vinden har vært med på redusere veksten i planten ved å påføre mekanisk stress. Denne effekten av vind på planten støttes av Mitchell *et al.*, (1975), Akers & Mitchell (1985) Akers & Mitchell (1984) og Biddington (1986).

Siden poteter, erter og kål er kjent for å være planter som trives i et kjølig klima (Wien,1997; Johansen & Mølmann, 2015; Kumar, 2004) var den høyere temperaturen på tak trolig ugunstig for plantene. Vind og høy temperatur reduserer luftfuktigheten, og lav luftfuktighet fører til tørkestress i planter som nevnt av Bakker (1991). Effekten av luftfuktighet er studert i forbindelse med veksthusproduksjon, og det er påvist av Bakker (1991) at en lav luftfuktighet fører til lavere tetthet av spalteåpninger i bladoverflaten. Det påvirker planters produksjonsevne ved å begrense opptaket av CO₂ (Taiz & Zeiger, 2010).

5.1.2. C/N forhold i vekstjorda

I jord med høyt organisk innhold som ikke tilføres mineralsk N vil C/N-forholdet ha stor betydning for plantenes tilgang på N fra organisk materiale. C/N forholdet i vekstjorda var høyt nok til å gjøre en stor del av N utilgjengelig for planter. Det var mellom 20,17 og 23,43 første sesongen i pallekarmene (Tabell 5). I utgangspunktet var C/N forholdet i vekstjorda 23,43, som er høyere enn verdiene fra jord i pallekarmene i slutten av sesongen. Det viser at C/N forholdet synker og N gradvis frigis ettersom det organiske materialet i jorda omdannes.

På friland var C/N forholdet i jorda 11,72. C/N forholdet i jord på friland er lavere fordi jord på friland har et lavere innhold av C. I tillegg er den gjødslet med mineralgjødning, som øker innholdet av N. Det er et lavt C/N forhold, som er gunstig for planters tilgang på N. Siden C/N forholdet i vekstjorda i pallekarmene var over 20, var store deler av NH_4^+ og NO_3^- utilgjengelig for planter. I en jord med lavt C/N forhold blir N frigjort som nitrat, og i en jord med høyt C/N forhold over 20 blir N raskt tatt opp av mikroorganismer (Bengtsson *et al.*, 2003); Brady & Weil, 2010; Taiz & Zeiger, 2010) På friland var det dermed bedre tilgjengelighet på N for plantene og dette er trolig grunnen til at plantene vokste vesentlig bedre her. C/N forholdet var en faktor som reduserte avlingen i pallekarmene ved å påvirke tilgangen på N.

5.1.3. Tilgjengelig nitrogen i vekstjorda

Resultatene viser at det var tegn til mangel på N i plantene i pallekarmene i form av lavere stengelvekst (Tabell 2, Tabell 3), lav avling (Figur 6, Figur 7, Figur 13) og klorose på blader (Figur 9, Figur 11). Plantetilgjengelig N i form av NH_4^+ og NO_3^- i vekstjorda i pallekarmene var rundt 200 mg/liter (Tabell 7), eller 40 g/m² når det medregnes at dybden er 20 cm. I tillegg ble det tilført 3 L vermikompost som tilsvarer 1,14 g plantetilgjengelig N. Pallekarmene på 1 m² inneholdt da rundt 41,14 g tilgjengelig N.

Hva som er et optimalt behov for planter varierer. Loomis & Connor (1992) påstår at et typisk behov i kultivering av grønnsaker 4 kg/daa; 4g/m². Et annet eksempel er Westermann & Kleinkopf (1985) som testet behovet for N i poteter. De fant i sitt forsøk at behovet for optimal tørrstoffutvikling i poteter var 7,5 mg N per kg jord. Det tilsvarer et behov på litt over 7,5 mg N per liter jord. Ifølge den siste utgaven av gjødselhåndboken til Yara AS (2014), tar gjennomsnittlige avlinger av potet og kålrot bort henholdsvis 10,5 og 10 g N på en m².

Innholdet i vekstjorda på 41,14a g på en m² var dermed høyere enn det som er nødvendig for potet og grønnsaker. Hvor tilgjengelig det totale innholdet av NH₄⁺ og NO₃⁻ er, vil avgjøre om plantene tar opp det de trenger. Siden vekstjorda hadde et høyt C/N forhold, var store deler av N utilgjengelig for planter. Tilførsel av langt større mengder nitrogengjødsel eller nitrogenrikt materiale er nødvendig i slike tilfeller. Gjødsling med 3 L vermikompost kan dermed sies å være langt fra tilstrekkelig. N var den mest begrensende faktoren for veksten i pallekarmene.

5.1.4. Surhetsgrad (pH) i vekstjorda

Høy pH i vekstjorda er typisk for organisk eller kompostbasert vekstjord (Lucas & Davis, 1961). Moden kompost har en kalkvirkende effekt som øker pH, og det blir dermed en høy pH i kompostert organisk materiale. Sanden som jorda ellers består av har liten bufferevne som kan regulere surhetsgraden. Det fører til at næringstilgangen kan bli negativt påvirket av en litt for høy pH. Vekstjordas pH-verdier lå mellom 7,46 og 7,54 (Tabell 5), som er høyt sammenlignet med ideell pH i vekstjord som er mellom 5,5 og 6,5 ifølge Taiz & Zeiger, (2010). På friland var pH-verdien i jorda 5,4. Surhetsgraden har dermed forskjellig innvirkning på plantene på friland og i pallekarmer.

En ulempe med pH over 7 er at P kan bli mer utilgjengelig ved at det bindes til kalsium (Taiz & Zeiger, 2010; Tabell 1). Dette er imidlertid ikke et stort hinder for planters opptak av P, siden planter kan modifisere surhetsgraden rundt røttene ved å skille ut H⁺ ioner. Det senker pH i rotsonen og øker løseligheten av P bundet til kalsium (Ryan *et al.*, 2001). P bindes uansett ikke i stor grad før pH stiger over 8. Andre næringsstoffer som blir mindre tilgjengelige for planter ved høyere pH er Fe, Cu, Zn, Mn, Co og B (Tabell 1).

5.1.5. Tilgjengelig fosfor i vekstjorda

Innholdet av P i jorda var 43 mg/liter (Tabell 7). I pallekarmene var det dermed totalt 8,6 g P/ m² medregnet at hver pallekarm hadde 200 liter jord. Det ble tilsatt 0,33 g P med vermikompost som gjødsel, som økte det totale innholdet P per pallekarm til 8,93. En gjennomsnittlig avling av kålrot tar ut 1,49 g P på 200 liter matjord. Det er imidlertid kun basert på innhold i røttene av en gjennomsnittlig kålrotavling på 1 m². En vekstjord bør inneholde langt mer P for at det skal være nok tilgjengelig for planter i tillegg til mikroorganismer.

Omgjort til mg/100 g kan innholdet av P i jorda sammenlignes med klasseverdier for innhold av P i jord (

Tabell 1). Innholdet av P per 100 g var 3,6 mg/100. Fosforinnhold målt i P bundet i Ammoniumlaktat (P-AL) mellom 0 og 4 mg/100 g jord er innenfor klassen «Lite» (

Tabell 1), altså et innhold av P i jorda som er så lavt at det er ugunstig for plantevekst.

I tillegg kan innholdet av P målt som P-AL vise et høyere resultat enn det som er reelt. Ammoniumlaktat (AL) som brukes for å ekstrahere P til analysen er bedre egnet ved en lav pH, og pH senkes dermed i jordprøvene når innholdet av P skal måles. Det betyr at resultatet viser innholdet av P i jorda som er tilgjengelig med en lavere pH. Siden pH i vekstjorda er relativt høy (rundt 7,5), kan innholdet av P fra analysen dermed vise et kunstig høyt tall i forhold til det som egentlig er tilgjengelig i jorda.

Plantene av potet, erter og kålrot i pallekarmene hadde en blek gulaktig farge på bladene (Figur 9, Figur 11, Figur 14). Det er et tegn på at N var mer begrensende enn P. Tydelig fosformangel gir vanligvis en mørkere grønnfarge i blader av kålrot og potet som symptom ifølge Aasen (1986). Nitrogenmangel gir en bleik gulaktig farge lik den som ble observert i plantene. En annen indikator på at N var mest begrensende er at ertene ga en moderat avling sammenlignet med dyrking på friland. På grunn av nitrogenfikseringen i røttene blir ikke erteplanter begrenset av tilgangen i jorda på samme måte. De hadde gitt dårligere avling dersom det var sterk mangel på andre næringsstoffer enn N. Det er dermed sannsynlig at N var mer begrensende enn P, uten at for lavt innhold av P er utelukket. Det er imidlertid trolig at mangel på P har i tillegg spilt en rolle siden innholdet i vekstjorda kom under klassen «lite» med en verdi på 3,6 mg/100 g, og kålrot krever eksempelvis en verdi over 6.

5.1.6. Vekst og avling i poteter

Både stengelvekst og avling fra potetplanter på friland i Ås var bedre enn fra pallekarmene på takflater i Oslo. Stengelveksten var mer enn dobbelt så lang på friland (Tabell 2). Total stengelvekst fra bakkenivå til enden av dominerende sideskudd ble under en halv meter i pallekarmene. Den laveste veksten var i potetene på Alna, som var 22,1 cm i gjennomsnitt. Det er 72,9% lavere vekst

enn veksten på friland, som var 81,4 cm i gjennomsnitt. Avlingene i pallekarmene for hver sort ble under eller tilsvarende en kilo (Figur 6). På friland ble avlingen så vidt over 3 kg, tre ganger mer enn i pallekarmene. På grunnlag av det kan vekstforholdet på takflatene antas å være stressende for potetplantene. Årsaker til lavere vekst og avling er både i vekstjorda og i mikroklimaet. Siden potene hadde tegn til nitrogenmangel (Figur 9), er det grunn til å anta at N er den mest begrensende faktoren. En mild nitrogenmangel i potet gir mindre bladmasse og lysere grønnfarge (Ojala *et al.*, 1990), og det stemmer godt med symptomene på potetplantene fra pallekarmene på tak. Siden det var påvist en rikelig mengde nitrogen i vekstjorda ifølge Tabell 7 sammenlignet med innhold i gjennomsnittlige potetavlinger, var det sannsynligvis et høyt C/N forhold som førte til mild nitrogenmangel og lavere avling i potetplantene. Surhetsgraden over 7 i vekstjorda var langt høyere enn det som er anbefalt for poteter ifølge Wien (1997), som er mellom 4,8 og 5,4. Lav pH for potet er anbefalt på grunn av fare for skurv, og ikke fordi det har en spesielt negativ effekt på vekst (McCauley *et al.*, 2009). En høy pH kan likevel påvirke vekst og avling i potet ved å redusere tilgjengeligheten av P (Taiz & Zeiger, 2010).

I tillegg kan tørke ha vært med på å redusere veksten. Stengelveksten i potet kan påvirkes sterkt av tørke, som vist av Deblonde & Ledent (2001). Pallekarmene ble vannet daglig med 10 liter i hver, men det kan ha vært utilstrekkelig i under det varme forholdet. Siden jorda inneholdt 40% sand, jordvolumet var begrenset, sesongen var eksepsjonelt nedbørfattig og forholdene på takflatene svært uttørkende er det sannsynlig at potetene opplevde en viss grad av tørkestress gjennom sesongen. I potet fører dessuten høyere temperaturer til at knolldannelsen reduseres, som påvist av Menzel, (1985) og forklart av Wien (1997).

Stress fra vind på tak har også bidratt til lavere vekst i potetplantene. Alan & Mitchell (1985) påviste at vindstress gir redusert lengdevekst og avling i poteter, og det har trolig vært en viktig faktor for den lave stengelveksten i potetene. Den laveste gjennomsnittlige stengelveksten i potene var fra pallekarmene på Alna taket, der det var mest vindutsatt. Potetavlingen var dermed lavere i pallekarmene på tak hovedsakelig på grunn av begrensende tilgang på N i vekstjorda, tørkestress og stress fra vind.

5.1.7. Tørråte på potet

Til tross for redusert vekst og lav avling var potetplantene i pallekarmer fri for sykdom. Det var ingen forekomst av tørråte (*Phytophthora infestans*) på potetplantene i pallekarmer på takflater i

Oslo (Figur 9). På friland i Ås derimot, var det et angrep av tørråte som drepte alle plantene innen begynnelsen av september. Forskjellen i angrep skyldes i hovedsak at mikroklimaet på takflatene ikke var fuktig nok for at tørråten kunne etablere seg i plantene. Ifølge Harrison & Lowe (1989) trenger sporene en våt overflate eller over 90% luftfuktighet for å kunne spire og infisere en potetplante. I tillegg til at forholdet på takflatene er generelt uttørkende med høyere temperaturer og kontinuerlig vind, ble forholdene ekstra tørre i det året med dyrking i pallekarmen på tak på grunn av den unormalt varme og tørre sommeren. Det er godt mulig at en mer nedbørrik sommer hadde ført til at potetene ble infisert på takflatene. Forholdet mellom nedbør og tørråte er studert av Lapwood (1977), og der ble det funnet at ulike sorter potetplanter ble smittet av tørråte avhengig av nedbørshyppighet, og ikke potetsorten. I dette forsøket ble potetknoller infisert ved 8 mm nedbør. Større antall planter ble kun infisert når jorda de vokste i ble fylt over feltkapasiteten rundt knollene i over 24 timer. For at tørråte skal gjøre betraktelig skade på både overjordiske og underjordiske deler av potetplanten trengs det dermed en god vannmetning i jorda, høy fuktighet i luften og fukt på bladene. Kombinasjonen av lavere smittepress på taket enn på dyrkede områder på friland og det tørre mikroklimaet gjorde at det i dette tilfellet ikke fantes tørråte på plantene.

5.1.8. Vekst og avling i ertre

Stengelveksten i erteplanter på friland var betydelig lengre enn på takflatene. Avlingen (Tabell 3) viste mindre forskjeller, og var uten signifikante forskjeller bortsett fra for 'Lav margsukskerert' i pallekarmene på H&M og Alna. Grunnen til at avlingen fra 'Lav Margsukskerert' på H&M og Alna ble spesielt lav var at fysiske skader på noen av plantene tidlig i sesongen førte til redusert ytelse og en tidlig død.

Den lavere veksten i erteplantene på tak skyldes trolig til dels stress fra vind og tørke. Lengdeveksten i ertre er signifikant forskjellig mellom takflater med ulik eksponering for vind. Veksten var mer enn dobbelt så lang som gjennomsnittlig vekst på Alna (Tabell 3); det mest vindutsatte taket. Studier av Biddington, (1986); Mitchell, (1977) og Akers & Mitchell (1984) på erteplanter har vist at kontinuerlig vind fører til en kortere stengelvekst.

Erteplantene hadde ulikt utseende i pallekarmene på takflater og på friland (Figur 11). I pallekarmene fikk bladene en gulaktig farge (klorose) og visnede brune blader (nekrose) i motsetning til ertene på friland, som hadde en sterk grønnfarge. Klorose og nekrose kan skyldes ulike typer stress, enten i form av næringsmangel, faktorer i mikroklimaet eller sykdom. Siden ertre

har symbiose med *rhizobium* og skaffer sin egen N, kan det i mangel på N i utgangspunktet utelukkes. Det er imidlertid ikke gitt at en kompostbasert vekstjord inneholder særlige mengder av *rhizobium*, og erteplantene kan dermed ha hatt utilstrekkelig tilgang på N likevel. Siden avlingen av erter var ikke signifikant forskjellig fra avlingen på friland (Figur 10), bortsett fra i tilfellene der planter ble skadd og visnet, må det ha vært tilstrekkelig N. Gulfargen på ertene skyldes da trolig andre grunner.

Ertene trivdes tydelig bedre på friland, men avlingen var for det meste uten signifikante forskjeller bortsett fra der det forekom fysiske skader på noen av plantene i starten. Grunner til forskjellen i vekst er stress fra vind og tørke på takflatene i tillegg til en lavere tilgang på næringsstoffer i jorda.

5.1.9. Skadedyr på kålrot

Kålrotplantene i pallekarmene på takflater ble sterkt angrepet av fire insekterarter som er vanlige skadedyr på kålrot (Figur 9). Kålplanter i økologisk urbant hagebruk i Oslo vil sannsynligvis være utsatt for disse skadedyrene, og bør beskyttes med tiltak som presis bruk av insektnett eller fiberduk. Siden temperaturen ofte er høyere på urbane takflater, kan dette trolig påvirke frekvensen av skadedyrangrep. Høyere temperatur er en hovedfaktor i aktiviteten til skadedyr, som støttes av Bale *et al.* (2002). I tillegg fører høyere temperaturer til økt utskillelse av flyktige komponenter fra planter i familien *Brassicaceae*, noe som tiltrekker insektene i større grad (Bidart-Bouzat & Imeh-Nathaniel, 2008).

5.1.10. Avling av kålrot

Gjennomsnittlig vekt av kålrot på 2,9 kg for 'Vige' og 3,7 kg for 'Bangholm Wilby Øtofte II' er betydelig mye større enn vekt mellom 0,3 og 0,1 kg for kålrot av begge sortene i pallekarmene (Figur 13). I tillegg var utseendet på røttene fra friland og fra pallekarmer svært ulikt (Figur 12). Ifølge norsk standard (NS2833, 1999) er maksimal vekt på kålrot for omsetning 2 kg, og minimal vekt 0,5 kg. Kålrot fra friland var dermed for stor, og kålrot fra pallekarmene ble for små dersom norsk standard brukes som modell for korrekt størrelse. I tillegg har røttene fra friland som vist i figur 12 sprekker og hulrom, som ikke er gunstig i matkålrot.

Resultatet for kålrot i jord på friland og i pallekarmer på tak viser sterke kontraster. Det er tilgangen på N i jorda som trolig har bidratt mest til forskjellen i avling. Ifølge Dragland (1991) gir et for høyt innhold av N en unormalt stor vekst og sprekker i rotknollen, og et for lavt innhold av N gir en sterkt redusert avling. Det stemmer godt overens med resultatene både fra friland og

pallekarmene. På friland var det trolig en god tilgang på N, og i pallekarmene en dårligere tilgang. Sprekker i rotknollene fra friland (Figur 12) tyder på at de stod lenge i jord med god tilgang på N. Moen (1949) nevner også at sterk nitrogengjødsling gir sprukne kålrøtter. Den dårlige tilgangen på N i vekstjorda i pallekarmene skyldtes det høye C/N forholdet, som gjør N utilgjengelig for planter. Siden innholdet av P var innenfor klassen lav (Tabell 1) og pH var høy i jorda, er det sannsynlig at det også var dårlig tilgang på P i pallekarmene for kålrot.

Vind er også en faktor som påvirker kålrot negativt, som med potet og erter. Biddington (1986) har vist at vind gir mindre bladmasse og redusert vekt i roten av kålrot. I tillegg til mekanisk stress fører vind til lavere luftfuktighet og forsterket tørkestress i plantene.

Temperatur er en spesielt viktig faktor for kålrot. Kålrot kan få redusert vekst eller kan ved ekstreme tilfeller ta skade av for høye temperaturer ifølge Boswell & Jones (2004). I deres forsøk ble det påstått at kålrot som vokser i en middeltemperatur over 24 °C kan få skade på bladene og redusert vekst. Det er også påvist av McKeown *et al.* (2004) at kålrot får mindre avling ved høye temperaturer, i det tilfellet med temperaturer jevnt over 30 °C. Det er uvisst om høy temperatur fører til direkte fysiologisk stress i kålrot. Høyere temperatur bidrar uansett til tørkestress og økt aktivitet hos insekter.

Forholdet på tak viste seg å være spesielt ugunstig for kålrot. Dårlig tilgang på N og P var trolig hovedproblemet for den dårlige avlingen i pallekarmene, men i tillegg har andre faktorer i mikroklimaet på tak vært med på å forverre forholdet for kålrot. Vindstress reduserer luftfuktigheten og stresser plantene mekanisk, som påvirker vekst og avling negativt. Høyere temperaturer på takflater fører til dårlig vekstvilkår, større fare for tørkestress og større skadeomfang av skadedyr. Angrep av skadedyr var sterkt i pallekarmene, og bidro til å redusere avlingen.

5.2. Effekt av jordmengde og gjødsling på potet i pallekarmer 2015

5.2.1. Effekt av jorddybde

Det er tydelig at avlingen av potet blir høyere med 35 cm jorddybde sammenlignet med 20 cm dybde for sorten 'Troll' (Figur 16). 'Tromøypotet' fikk en uvanlig lav avling uten signifikante forskjeller for de to ulike jorddybdene (Figur 17). 'Tromøypotet' stod i samme pallekarmer som 'Troll', og vokste dårligere enn året før. Det er av hensyn til det sannsynlig at noe er galt med

settematerialet. Siden alle resultater av 'Tromøypotet' var dårlige, regnes ikke denne sorten som representativ i dette forsøket. 'Troll' var fra friskt settemateriale dette året, og hadde dermed bedre utgangspunkt for normal vekst. Som 'Troll' viste, så er det positivt for avlingen å fylle opp pallekarmene med jord. Det blir høyere avling både fordi det er plass til å utvikle flere potetknoller, og det er et høyere totalt innhold av næring.

5.2.2. Effekt av gjødselmengde

Det ble tilsatt hønsegjødsel til pallekarmene i mengdene 62,5 g (halv normalgjødsling) og 125 g (full normalgjødsling) i tillegg til behandlinger uten gjødsling. Resultatene viser at gjødselmengden hadde ingen effekt på vekst eller avling for potetsorten 'Troll' (Figur 16). 'Tromøypotet' viste kun signifikante forskjeller i veksten (Tabell 4), men ikke i avling (Figur 17). Resultatene for veksten i 'Tromøypotet' viser overraskende nok en lavere vekst i behandlingene med full normalgjødsling. Det vil si at gjødslingen med hønsegjødsel i pallekarmene hadde ingen positiv effekt på avlingen av potet i dette tilfellet. Det kan være fordi det allerede var et høyt innhold i jorda, men at det heller er tilgangen på det som er begrensende. Forskjellene i nitrogeninnholdet mellom behandlingene med 125, 62,5 og 0 g/m² var veldig små. Hønsegjødsel basert på beinmel trenger tid til å frigjøre tilgjengelige former for bla. N og P, som nevnt av Halliday & Sylvester (1954). Det er derfor rimelig å anta at denne gjødselen ikke var gunstig å bruke i én sesong med dyrking i pallekarmer.

Bladverket i pallekarmene hadde en lys farge i bladverket (Figur 18). Ut ifra det kan det antas at det var en viss mangel på N i plantene, som i så tilfelle må være på grunn av lite plantetilgjengelig N. Analyser fra jorda det året viser at det totale nitrogeninnholdet var høyere, og at C/N forholdet var lavere. Forholdet var da mellom 14,5 og 16, som er nærmere det som er optimalt for planters tilgang på nitrogen (Brady & Weil, 2010). I hensyn til det skulle nitrogen være mer tilgjengelig enn foregående år, som den høyere avlingen det året viser.

5.3 Sammenligning av potetdyrking det første og det andre året

Potetplantene av 'Troll' vokste bedre det andre året i pallekarmene enn det første året på takflater. Siden gjødselmengden ikke hadde en signifikant effekt på potetplantene, kan alle behandlingene med 20 cm jorddybde sammenlignes med resultatet fra pallekarmene på tak det første året. Det er imidlertid et problem med denne sammenligningen; settematerialet var dårlig det første året (Figur 8). 'Troll' det første året hadde en dårligere vekst enn de andre sortene, trolig på grunn av at settematerialet hadde blitt brukt suksessivt i tre år uten å skiftes ut med friske knoller. For 'Tromøy' var det motsatt; settematerialet var dårlig det andre året. Det er dermed vanskelig å gjøre en reell sammenligning. Likevel kan det pekes ut at alle potetsortene fikk en avling mellom 0,5 og 1,5 kg i hver pallekarm det første året (Figur 7), og 'Troll' med friskt settemateriale fikk mellom 2 og 2,5 kg per pallekarm det andre året i 20 cm jorddybde (Figur 16). Det vil si at avlingen av potet i pallekarmer på bakkenivå ble betydelig større enn avlingen i pallekarmer på tak med samme vekstjord.

Forskjellen i avling fra det ene året til det andre skyldes forskjeller i vekstjorda, forskjeller i nedbør og temperatur gjennom de to vekstsesongene, og mikroklimaet på takflatene det første året. Et lavere C/N forhold det andre året gjorde N mer tilgjengelig for plantene. I tillegg var det 10% høyere totalt innhold av N i vekstjorda. Det andre året hadde langt mer nedbør og kjøligere temperaturer enn det første året, som var en unormalt tørr og varm norsk sommer. Det gjorde at plantene i pallekarmene ikke ble stresset av tørke i særlig grad det andre året. I tillegg gjorde mikroklimaet på takflatene det første året at potetplantene ble ekstra stresset. Sammenligningen av de to sesongene kan brukes til å understreke effekten av mikroklimaet på takflatene på potetplantene.

6. Konklusjon

Hensikten med oppgaven var å framheve utfordringer med en spesifikk form for urbant hagebruk. Det er studert et bredt utvalg faktorer som påvirker dyrking av kulturplanter i pallekarmer på takflater. Erfaringene som er gjort i løpet av to sesonger kan brukes til å trekke noen konklusjoner:

- Vekst og avling i potet, erter og kålrot viste seg å bli sterkt begrenset i pallekarmer på takflater. Den mest begrensende faktoren var tilgangen på nitrogen i den kompostbaserte vekstjorda, som var dårlig på grunn av et høyt C/N forhold.
- Det tørre og varme mikroklimaet på takflatene i kombinasjon med et lavere smittepress hindret utvikling av tørråte på potetplantene.
- Insekter som er spesialisert på kålplanter forekom i sterk grad på kålrot dyrket på urbane takflater.
- Jordvolumet i pallekarmene hadde signifikant betydning for avling i potet.
- Gjødsling med gjødsel basert på beinmel hadde ingen effekt på avling av potet i dette tilfellet.

Disse resultatene kan være med på å belyse hvor viktig det er å tilrettelegge urbant hagebruk på takflater for å minimere utfordringer med mikroklimaet og vekstjord, samt behov for gjødsling og plantevern. Plantene bør beskyttes mot vind ved å etablere strukturer eller annen vegetasjon som gir le. Kompostbasert vekstjord bør tilpasses best mulig, spesielt siden nitrogen og fosfor blir lett utilgjengelig i denne typen jord. Det bør arbeides for å utvikle kompostbaserte jordprodukter med et C/N forhold og en pH som er mer gunstig for planter. Kålplanter bør beskyttes mot skadeinsekter, som kan forekomme i minst like stor grad som på friland. Jordvolumet i pallekarmer har en effekt på avling; i et begrenset areal er det viktig å utnytte dybden.

Resultatene kan også brukes til å fremstille problemstillinger som er aktuelt å forske på videre. Dersom videre forsøk skal utføres på spesifikt hvordan klimaet på tak påvirker krevende kulturplanter, vil det være av interesse å måle temperaturer og vindstyrke på takflatene ved hjelp av måleinstrumenter som loggfører værdata. Det vil da også være fordelaktig å bruke et vekstmedium som ikke begrenser veksten.

7. Litteraturliste

- Aasen, I. (1986). Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter: årsaker, symptom, rådgerder. Landbruksforlaget.
- Akers, S. W., & Mitchell, C. A. (1984). Seismic stress effects on vegetative and reproductive development of 'Alaska' pea. *Canadian journal of botany*, 62(10), 2011-2015.
- Akers, S. W., & Mitchell, C. A. (1985). Seismic stress effects on reproductive structures of tomato, potato, and marigold. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 20(4), 684-686.
- Asdal, Å., 2008. Genetisk mangfold i potet. Hentet fra <http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2008/1207815006.94/newsitem>, 20.11.2015
- Asdal, Å., 2012a. Bevarte ertesorter - god mat og spennende historie. NIBIO. Hentet fra http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2012/bevarte_ertesorter/newsitem 20.oktober 2014.
- Asdal, Å., 2012b. Potetsorter i genbanken. Hentet fra <http://www.skogoglandskap.no/artikler/2012/potetsorter2014>, 20.11.2015
- Asdal, Å., Breland, T. A., Herrero, M., & Nordgaard, E. (2002). Kompostkvalitet-Dokumentasjon og anbefalinger. Rapport fra prosjektet Utvikling av kompostprodukter. *Planteforsk. Grønn forskning*, 16, 2002.
- Bakker, J. C. (1991). Effects of humidity on stomatal density and its relation to leaf conductance. *Scientia Horticulturae*, 48(3), 205-212.
- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., ... & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1), 1-16.
- Bellows, A. C., Brown, K., & Smit, J. (2003). Health benefits of urban agriculture. *Community Food*.

- Bengtsson, G., Bengtson, P., & Månsson, K. F. (2003). Gross nitrogen mineralization-, immobilization-, and nitrification rates as a function of soil C/N ratio and microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(1), 143-154.
- Bidart-Bouzat, M. G., & Imeh-Nathaniel, A. (2008). Global change effects on plant chemical defenses against insect herbivores. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(11), 1339-1354.
- Biddington, N. L. (1986). The effects of mechanically-induced stress in plants—a review. *Plant Growth Regulation*, 4(2), 103-123.
- Boswell, V. R., & Jones, H. A. (2004). Climate and vegetable crops. *Climate and Man: Part One*, 373.
- Bratberg, Even. (2015) Hagebruk. I Store norske leksikon. Hentet 31. August 2015 fra <https://snl.no/hagebruk>. Skrevet 2015, 27. mai
- Bruce, T. J., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (2005). Insect host location: a volatile situation. *Trends in plant science*, 10(6), 269-274.
- Burdon JJ. (1987). *Diseases and plant population biology*. Cambridge University Press.
- Bymiljøetaten. (2014). Landbruk i Oslo - Utkast til byrådssak, 23/9 2014.
- Caron, J., & Rochefort, L. (2011). Use of peat in growing media: State of the art on industrial and scientific efforts envisioning sustainability. In *International Symposium on Responsible Peatland Management and Growing Media Production 982* (pp. 15-22). p. 383). Pearson Prentice Hall.
- Chapin III, F. S., Vitousek, P. M., & Van Cleve, K. (1986). The nature of nutrient limitation in plant communities. *American naturalist*, 48-58.
- Daunicht, H. J., & Brinkjans, H. J. (1996). Plant responses to reduced air pressure: advanced techniques and results. *Advances in Space Research*, 18(4), 273-281.

- Deblonde, P. M. K., & Ledent, J. F. (2001). Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. *European Journal of Agronomy*, 14(1), 31-41.
- Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and buildings*, 35(1), 69-76.
- Dragland, S., 1991, Matkålrot – Produksjon og lagring, Småskrift 5/91, ISSN 033-113X.
- Dvorak, B., & Volder, A. (2010). Green roof vegetation for North American ecoregions: a literature review. *Landscape and urban planning*, 96(4), 197-213
- Fagertun, L., Hofsvang, T., Meadow, R., & Taksdal, G. (2003). Sjukdommer og skadedyr på korsblomstra grønnsaker. *Grønn kunnskap*, 7, 121.
- Falck-Pedersen, E. M. (2012). Grønne tak: strategi for implementering, muligheter og begrensninger.
- FAO. (2010). Urban and peri-urban horticulture - With micro-gardens, urban poor "grow their own". Fact Sheet 6. FAO's Plant Production and Protection Division.
- FAO. (2014). FAO's role in Urban Agriculture (Food and Agriculture Organization of the United Nations) hentet fra <http://www.fao.org/urban-agriculture/en/> 20. oktober 2014.
- Fylkesmannen i Oslo og Akershus. (2014). "Urbant Landbruk – Bærekraftig, synlig og verdsatt." Rapport nr 1/2014.
- Førsund, E. (1983). Late Blight Forecasting in Norway 1957–19801. *EPPO Bulletin*, 13(2), 255-258.
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749-758.
- Gallis, Helene (2015). *Dyrk Byen*, Spartacus forlag.

- Garnett, T. (1996). *Growing Food in Cities. A report to highlight and promote the benefits of urban agriculture in the UK.* London: National Food Alliance and SAFE Alliance 90p. ISBN, 1900670569.
- Grantz, D. A. (1990). Plant response to atmospheric humidity. *Plant, Cell & Environment*, 13(7), 667-679.
- Grønlund, A., Bjørkelo, G., Hysten, G., & Tomter, S. (2010). CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO₂, 2.
- Halliday, D. J., & Sylvester, J. B. (1954). Phosphorus fertilizers for plantation crops.
- Hamilton, A. J., Burry, K., Mok, H. F., Barker, S. F., Grove, J. R., & Williamson, V. G. (2014). Give peas a chance? Urban agriculture in developing countries. A review. *Agronomy for sustainable development*, 34(1), 45-73.
- Harrison, J. G., & Lowe, R. (1989). Effects of humidity and air speed on sporulation of *Phytophthora infestans* on potato leaves. *Plant Pathology*, 38(4), 585-591.
- Hien, W. N., Yok, T. P., & Yu, C. (2007). Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate. *Building and Environment*, 42(1), 25-54.
- Hofsvang, T & Ørpen, H, (2003). *Plantevern i grønnsaker; Integrert bekjempelse.* 128 s
- Hopkins, G., & Goodwin, C. (2011). *Living Architecture.*
- Howland, A., Kim, N., & Marks, A. (2012). *Advanced Food Technologies.* In *Advanced Seminar in Landscape+ Urbanism.*
- Jiménez, E. I., & Garcia, V. P. (1989). Evaluation of city refuse compost maturity: a review. *Biological wastes*, 27(2), 115-142.
- Johansen, T. J., & Mølmann, J. Kålrot–jo kaldere jo bedre..., hentet fra nettet 08.11.2015.

- Justisdepartementet og Det juridiske fakultet i Oslo. (1992). Lov om kommuner og fylkeskommuner (kommuneloven). Hentet 16.10.2015 fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1992-09-25-107>.
- Kortright, R., & Wakefield, S. (2011). Edible backyards: a qualitative study of household food growing and its contributions to food security. *Agriculture and Human Values*, 28(1), 39-53.
- Krogstad, Tore. 2015. Kvalitet og krav på vekstjord fra et jordkjemisk perspektiv. [Power point presentasjon].
- Kumar, D., Singh, B. P., & Kumar, P. (2004). An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Annals of Applied Biology*, 145(3), 247-256.
- Lapwood, D. H. (1977). Factors affecting the field infection of potato tubers of different cultivars by blight (*Phytophthora infestans*). *Annals of Applied Biology*, 85(1), 23-42
- Lee, A. C. K., & Maheswaran, R. (2011). The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. *Journal of Public Health*, 33(2), 212-222.
- Lindahl, H, (2015). Fossil Jord - Kartlegging av torvinnhold i jord på det norske forbrukermarkedet, Avfall Norge.
- Loomis, R.S., & Connor, D.J., (1992). *Crop Ecology – Productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press 1992.
- Lucas, R. E., & Davis, J. (1961). Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Science*, 92(3), 177-182.
- Madsen, L. B., Hjorth, F. E., & Martin, A. D. (2015). *Bylandbrug (Doctoral dissertation)*.
- McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (2009). Soil pH and organic matter. Nutrient management module, 8, 1-11 Available.
- McClintock, N. (2010). Why farm the city? Theorizing urban agriculture through a lens of metabolic rift. *Cambridge Journal of regions, economy and society*, rsq005.

- McKeown, A. W., Warland, J., McDonald, M. R., & Hutchinson, C. M. (2004). Cool season crop production trends: a possible signal for global warming. *Acta Horticulturae*, 241-248.
- Meadow, R., Brandsæter, L. O., Birknes, S. M., Hermansen, A. Ascard, J., Bysveen, K., Andersen, A., Berge, T.W., Blystad, D.R, Hammeraas, B., Holgado, R. Munthe, T. Skuterud, R. & Sletten, A. 2008.a: Meadow, Birkenes & Hermansen (red.), *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk*. Bind 2: Grønnsaker og potet. *Bioforsk Fokus* 3 (10): 156 s.
- Menzel, C. M. (1985). Tuberation in potato at high temperatures: interaction between temperature and irradiance. *Annals of Botany*, 55(1), 35-39.
- Minogue, K. P., & Fry, W. E. (1981). Effect of temperature, relative humidity, and rehydration rate on germination of dried sporangia of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology*, 71(11), 1181-1184.
- Mitchell, C.A. (1977). Influence of mechanical stress on auxin-stimulated growth of excised pea stem sections . *Physiol Plant* 41 :129-134
- Mitchell, C.A. Severson, C.J, Wott, J.A and Hammer, P.A. (1975). Seismomorphogenic regulation of plant growth . *J Amer Soc Hort Sci* 100 :161-165
- Moen, O. (1943). *Erter*. Grøndahl & Sønns Forlag. 85 s. ill. Hentet fra http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007062501078
- Moen, O., 1949, *Kålrot*. Grøndahl. 82 s. ill.
- Monterusso, M. A., Rowe, D. B., & Rugh, C. L. (2005). Establishment and persistence of *Sedum* spp. and native taxa for green roof applications. *HortScience*, 40(2), 391-396.
- Mougeot, L. J. (2000). Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks. *Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda*, 1-42.

- Noreng, K., Kvalvik, M., Busklien, J.O., Ødegård, I.M., Clewing, C.S., French, H.K. (2012) Grønne tak - Resultater fra et kunnskapsinnhentingprosjekt, SINTEF Byggforsk, Prosjektrapport 104.
- Norsk Standard 2833, 1999. Grønnsaker - Kålrot - Kvalitet, størrelse, pakking og merking. Utgave 7.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., ... & Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), 823-833.
- Ojala, J. C., Stark, J. C., & Kleinkopf, G. E. (1990). Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. *American Potato Journal*, 67(1), 29-43.
- Olsen, J.P., Serikstad G.L., 2000. Kålvekster. Norsk senter for økologisk landbruk. 22 s
- Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R., & Gianquinto, G. (2013). Urban agriculture in the developing world: a review. *Agronomy for sustainable development*, 33(4), 695-720.
- Pacione, M. (2009). *Urban geography: A global perspective*. Taylor & Francis.
- Pasek, J. E. (1988). 30. Influence of wind and windbreaks on local dispersal of insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 22, 539-554.
- Polomski, R. 2007. *The South Carolina Master Gardener Training Manual*, Clemson University Cooperative Extension EC 678. 812 p.
- Porter, J. H., Parry, M. L., & Carter, T. R. (1991). The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57(1), 221-240.
- Radice, H. W., & Velly, D. (2009). *Farming in Bags: Micro-gardening in northern Uganda*. *Urban Agriculture Magazine* Vol, 21.
- Rainbolt, N. G., Onozaka, Y., & McFadden, D. T. (2012). Consumer motivations and buying behavior: The case of the local food system movement. *Journal of Food Products Marketing*, 18(5), 385-396.

- Restrepo, A. P., García, J. G., Moral, R., Vidal, F., Pérez-Murcia, M. D., Bustamante, M. Á., & Paredes, C. (2013). A comparative cost analysis for using compost derived from anaerobic digestion as a peat substitute in a commercial plant nursery. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40(2), 253-264.
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128.
- Ryan, P. R., Delhaize, E., & Jones, D. L. (2001). Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. *Annual review of plant biology*, 52(1), 527-560.
- Senter for byøkologi (2013), Den Høye Hagen, om urban dyrking på tak, Byøk-rapport 04/13, s 49.
- SESTO Gene Back Documentation System, hentet fra <http://www.nordgen.org/sesto/index.php?scp=ngb&thm=sesto&r=29948614&PHPSESSID=t1c28tbta0b47tsgt9app4hl0> 20.11.2015
- Snodgrass, E. C., & Snodgrass, L. L. (2006). *Green roof plants: a resource and planting guide* (Vol. 487). Portland, OR: Timber Press.
- Somasegaran, P., & Hoben, H. J. (2012). *Handbook for rhizobia: methods in legume-Rhizobium technology*. Springer Science & Business Media. Store norske leksikon. (2014). Jordreaksjon. Hentet 23. november 2015 fra <https://snl.no/jordreaksjon>.
- Taiz, L., Zeiger, E., & Lincoln Taiz, E. Z. (2010). *Plant physiology* (No. 571.2 T3P5 2010).
- Talley, S. M., Coley, P. D., & Kursar, T. A. (2002). The effects of weather on fungal abundance and richness among 25 communities in the Intermountain West. *BMC ecology*, 2(1), 7.
- Tixier, P., de Bon, H., & Holmer, R. (2006). *Urban horticulture. Cities Farming for the Future, Urban Agriculture for Green and Productive Cities*. RUAF Foundation, IDRC and IIRR, Silang, The Philippines. Available from: <http://www.ruaf.org/node/961>.

- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review. *Landscape and urban planning*, 81(3), 167-178.
- Went, F. W. (1953). The effect of temperature on plant growth. *Annual Review of Plant Physiology*, 4(1), 347-362.
- Westermann, D. T., & Kleinkopf, G. E. (1985). Nitrogen requirements of potatoes. *Agronomy Journal*, 77(4), 616-621.
- Wien, H. C. (1997). *The physiology of vegetable crops*. Cab International.
- Yara AS, Gjødselhåndbok for 2014-2015 (2014). Hentet fra <https://yaraurl.com/hnd0> 7.11.2014
- Zaller, J. G. (2007). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112(2), 191-199.
- Zeza, A., & Tasciotti, L. (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food policy*, 35(4), 265-273.
- Zwankhuizen, M. J., Govers, F., & Zadoks, J. C. (1998). Development of potato late blight epidemics: Disease foci, disease gradients, and infection sources. *Phytopathology*, 88(8), 754-763.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no