

Kartläggning av näringsinnehåll i *Sedum album* och *Phedimus spurius* i produktion av mattor för extensiva gröna tak

Mapping of nutrient content in *Sedum album* and *Phedimus spurius* during production stage of vegetation mats for extensive green roofs

Camilla Oskarsson



Kartläggning av näringsinnehåll i *Sedum album* och *Phedimus spurius* i produktion av mattor för extensiva gröna tak

Mapping of nutrient content in *Sedum album* and *Phedimus spurius* during production stage of vegetation mats for extensive green roofs

Camilla Oskarsson

Handledare: Siri Caspersen, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Btr handledare: Lina Pettersson, produktionschef Veg Tech AB

Examinator: Helene Larsson-Jönsson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i biologi

Kurskod: EX0493

Program/utbildning: Hortonomprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2018

Omslagsbild: Camilla Oskarsson

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Sedum album*, *Phedimus spurius*, *Sedum spurium*, gröna tak, växtnäring, näringsinnehåll, näringsbehov, växtsaftsanalys, gödslingsstrategi

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Detta kandidatarbete på 15 hp har genomförts vid institutionen för biosystem och teknologi inom ramen för hortonomprogrammet (300 hp) vid SLU i Alnarp och har varit ett samarbete med Veg Tech AB. Projektet har finansierats av Partnerskap Alnarp, stort tack för det!

Jag vill också rikta ett stort tack till min biträdande handledare Lina Pettersson på Veg Tech, som inspirerat till detta projekt och som tagit sig tid att hjälpa mig mitt under pågående högsäsong. Tack även till övrig personal på Veg Tech, som varit hjälpsamma och tillmötesgående.

Ett lika stort tack riktas till Siri Caspersen som varit min handledare och som stöttat mig under hela arbetets gång. Med sin gedigna kunskap och stora hjälpsamhet har hon varit oundgänglig.

Jag vill också passa på att tacka Svenska Skogsplantor i Älmhult och Lagan för lån av kylrum, Jan-Eric Englund för hjälp med statistiken, samt David Hansson, Karl-Erik Gustavsson och Helene Larsson-Jönsson vid SLU i Alnarp för generös utlåning av utrustning.

Till slut vill jag framföra ett innerligt tack till de fantastiska personer som hjälpt till under provtagningarna och krupit omkring och svettats tillsammans med mig ute på fälten. Här bör Lina Pettersson återigen omnämnas, liksom Roger Oskarsson, Erika Stenmark och Linnea Stenmark. Varmt tack!

Camilla Oskarsson

Lund 2018-08-17

Sammanfattning

Eftersom allt fler människor bor i städer är det viktigt att hitta vägar mot en hållbar stadsmiljö. Detta avspeglas också i en ständigt ökande efterfrågan av *Sedum*-mattor som odlas för användning på gröna tak. Företaget Veg Tech AB odlar sådana mattor för den nordiska marknaden och för att kunna möta den ökade efterfrågan och minimera sina näringsförluster vill de försöka optimera sin gödslingsstrategi för en effektiv produktion. Detta projekt syftar till att undersöka näringsstatusen i odlingarna med nuvarande gödslingsstrategi och kartlägga hur koncentrationer och näringsinnehåll i mattorna förändras under säsongen, vid gödsling och vid klippning av skott som används för förökning. Odlingarna gödslas i dagsläget omväxlande med NPK 11-5-18 och N27. Provtagningar i odlingarna har skett vid fyra tillfällen på tre olika platser och växtvävnadsanalyser, växtsaftanalyser och analyser av substratet har gjorts. Även färskvikt och TS-halt har bestämts. Den i mattorna vanligast förekommande arten *Sedum album* har analyserats vid samtliga tillfällen och vid ett av tillfällena kompletterades studien med analyser av *Phedimus spurius*. En litteraturstudie i ämnet har också genomförts och resultaten av analyserna har jämförts med data från de fåtal studier som gjorts i ämnet.

Ytterst få studier har gjorts av näringsbehovet under produktionsfasen. De rekommendationer som finns i litteraturen gäller i de flesta fall installerade tak och ligger på mellan 6,5 och 20 g N/m² och år. Under projektets gång har givor motsvarande 9,8 g N/m² tillförts vilket utifrån rekommendationer i litteraturen verkar vara en rimlig mängd. För att minska problem med ogräs och minimera risken för läckage föreslås att givorna av N27 skulle kunna minskas något. För P, K, Mg och Zn var koncentrationerna i vävnaderna lägre än vad som rapporterats i andra studier. pH var förhållandevis högt på alla platser, en sänkning skulle kunna bidra till att öka tillgängligheten av exempelvis P. Det skulle också kunna gynna utbredningen av *P. spurius* och andra arter inom släktet *Phedimus*, som i dagsläget förekommer sparsamt i mattorna. Minskad kalkhalt i substratet skulle utöver lägre pH också kunna öka upptaget av Mg eftersom Ca/Mg-kvoten i substratet i de flesta fall var väldigt hög. För att minimera risken för näringsläckage skulle ett byte till långtidsverkande gödselmedel (CRF) kunna vara ett alternativ.

Resultatet av växtsaftanalyserna visade att det finns en tydlig positiv korrelation mellan koncentrationen av NO₃⁻ och K⁺ i växtsaften och N och K i vävnadsanalyserna. Det betyder att Veg Tech själva kan utföra enkla växtsaftanalyser för att snabbt skaffa sig en uppfattning om innevarande näringsstatus i sina odlingar, vilket kan vara ett verktyg för att fortsätta kartlägga näringssituationen i *Sedum*-mattorna och utarbeta en optimal gödslingsstrategi.

Abstract

Given that an increasing number of people is living in urban areas, it is of great importance to find ways towards a more sustainable environment in the cities. This is also reflected in the fact that the demand for vegetation mats with *Sedum* spp. for green roofs constantly increases. The company Veg Tech AB cultivates such vegetation mats for the Nordic market. To be able to meet the increased demand and to minimize their nutrient losses, they wish to optimize their fertilization management for an efficient production. This project aims to investigate the nutrient status in the *Sedum*-cultures under current fertilization practises and to map the changes in nutrient concentrations and nutrient content in the vegetation mats during the growing season, after fertilization and after removal of cuttings used for propagation. Currently, the fertilization is done with NPK 11-5-18 and N27 alternately. Sampling for plant tissues analyses, plant sap analyses and analyses of the substrate in the cultures was carried out at four occasions in three different places. Fresh weight as well as dry weight was also determined. While the most abundant species in the vegetation mats, *Sedum album*, was analyzed every time, the study was complemented by analyses of *Phedimus spurius* at one occasion. A literature study of the subject has also been performed and the results of the different analyses have been compared to data from the few existing studies within this field.

Very few studies of the nutrient demand during production stage have previously been performed. The recommendations in the literature is most often valid for installed roofs and ranges from 6,5 to 20 g N/m² and year. During this project, 9,8 g N/m² have been applied, which seems reasonable, with regard to the recommendations in the literature. To reduce weed problems and to minimize the risk of leakages, a reduced dose of N27 is suggested. When it comes to P, K, Mg and Zn, the concentrations in the plant tissues were lower than previously reported in other studies. pH was comparatively high in all places, a reduction could contribute to increased levels of plant-available P, for example. It could also enhance the occurrence of *P. spurius* and other species within the genus *Phedimus*, that is currently sparsely present in the mats. A reduction of the lime content in the substrate could, in addition to a lower pH, lead to an increased uptake of Mg, since the Ca/Mg-ratio in the substrate overall was very high. In order to minimize the risk of leakages, a shift towards controlled release fertilizers (CRF) could be an option.

The results of the plant sap analyses revealed a clear positive correlation between the concentrations of NO₃⁻ and K⁺ in the sap and N and K in the tissues. This means that Veg Tech can perform simple plant sap analyses of their own to quickly get a picture of the status in the fields. This could be a valuable tool in their continuous work with mapping the nutrient situation in the *Sedum*-mats and to develop an optimal fertilization plan.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	1
1.1 Inledning.....	1
1.1.1 Syfte och frågeställning	2
1.1.2 Genomförande och avgränsning	2
1.2 Teoribakgrund	3
1.2.1 <i>Sedum</i> -släktet.....	3
1.2.2 Veg Techs mattor	3
1.2.3 Produktion.....	4
1.2.3.1 Etablering	4
1.2.3.2 Gödsling och bevattning.....	5
1.2.3.3 Klippning.....	5
1.2.4 Näring.....	5
1.2.4.1 Näringsbehov och läckage.....	5
1.2.4.2 Artsammansättning och näring.....	9
1.2.4.3 Ammonium/nitrat-preferens	10
1.2.4.4 Näringsinnehåll <i>Sedum</i>	10
1.2.4.5 Näringsbrist	11
2. Metod och material	13
2.1 Växtmaterial och substrat	13
2.2 Skötselinsatser under projektets gång	13
2.2.1 Gödsling.....	13
2.2.2 Bevattning	14
2.2.3 Klippning.....	14
2.3 Provtagning och analyser	15
2.3.1 Växtanalyser	15
2.3.2 Spurway-analyser	17
2.3.3 Växtsaftanalyser	17
2.4 Statistik.....	18
3. Resultat	19
3.1 Totalvikt, artfördelning och visuell status	19
3.1.1 Batcher	19
3.1.1.1 Klipp.....	21
3.1.2 Moderytor	22
3.2 Växtanalyser	23
3.2.1 Näringskoncentrationer i ovanjordiska växtdelar	23
3.2.2 Näringsinnehåll och -upptag	26
3.3 Växtsaft	30

3.3.1 Korrelation mellan totalt näringsinnehåll och innehåll i växtsaft	31
3.4 Substrat	32
3.4.1 Korrelation mellan substratets och växternas näringsinnehåll.....	32
4. Diskussion.....	34
4.1 Näringsstatus.....	34
4.1.1 Växtanalyser i batcher	35
4.1.1.1 Kväve	35
4.1.1.2 Fosfor	36
4.1.1.3 Kalium.....	36
4.1.1.4 N/P, N/K och K/P	37
4.1.1.5 Magnesium.....	37
4.1.1.6 Kalcium	37
4.1.1.7 Svavel	37
4.1.1.8 Mikronärings- och spårämnen	38
4.1.2 Effekt av klippning och gödsling	38
4.1.3 Växtanalyser i moderytor	39
4.1.4 Substratet.....	39
4.1.4.1 Substratets inverkan på artsammansättningen	40
4.1.4.2 Kvoter mellan olika ämnen	40
4.2 Växtsaftanalyser och korrelationer	41
4.3 Förslag till framtida försök	41
5. Slutsatser	43
6. Referenser	44
Appendix 1	50

1.Introduktion

1.1 Inledning

Ur ett globalt såväl som ur ett svenskt perspektiv pågår en stadigt ökande urbanisering (Boverket, u.å.; SCB, 2013). Sedan 2008 bor det i världen fler människor i tätbebyggda områden än på landsbygden och till år 2050 förväntas världens urbana areal minst ha fördubblats jämfört med år 2000 (SCB, 2013). Därav är det av stor vikt att hitta hållbara lösningar på de miljöproblem som uppkommer i städer. En möjlighet är etablering av vegetation på tak, så kallade gröna tak.

Gröna tak kan utformas på olika sätt, med olika substratsdjup och olika typer av vegetation. De delas vanligen in i kategorierna extensiva och intensiva gröna tak utifrån hur mycket skötsel som krävs (SMHI, 2018a; Vinnova, 2017). Denna indelning korrelerar inte helt med substratsdjupet (Vinnova, 2017), men generellt har extensiva gröna tak ett substratsdjup på upp till 150 millimeter (SMHI, 2018a; Snodgrass & Snodgrass, 2006) och är bevuxna med lågväxande vegetation som fetbladsväxter, gräs och ängsörter (Vinnova, 2017). Tak är mycket utsatta som växtplatser betraktade, vilket gör att väldigt hårdiga växter lämpar sig bäst för gröna tak. I vissa fall är suckulenter den enda möjligheten och *Sedum* är det släkte som uppvisat bäst förmåga att överleva under varierande förhållanden (Snodgrass & Snodgrass, 2006). Extensiva gröna tak är den absolut vanligaste formen av gröna tak i Sverige, och lågväxande *Sedum*-arter dominerar (Emilsson et al., 2007).

Beroende på takets utformning och vegetationens sammansättning erbjuder gröna tak ett antal olika ekosystemtjänster. Framför allt leder de till bättre dagvattenhantering, eftersom hårdgjorda ytor försvårar infiltration och vegetationens vattenhållande förmåga medför minskad avrinning, vilket visats av bland andra VanWoert et al. (2005). Dessutom kan gröna tak bidra till minskade luftföroreningar, mindre problem med så kallade värmeöar i städerna och till bättre energieffektivitet (Clark et al., 2008; Getter & Rowe, 2006), samtidigt som de kan gynna städernas biologiska mångfald genom att erbjuda habitat i stadsmiljön. (Earth Pledge, 2005; Getter & Rowe, 2006). I takt med att kunskapen om dessa miljömässiga fördelar vuxit fram så har efterfrågan ökat markant. Företaget Veg Tech producerar vegetationsmattor för användning på gröna tak och under de senaste tio åren har försäljningen fördubblats. (Lina Pettersson, Veg Tech, personlig kommunikation 2018-08-14). I dessa mattor ingår flera arter ur släktena *Sedum* och det närbesläktade *Phedimus* (som tidigare ingick i *Sedum*), med god hårdighet. Odlingarna är placerade i Kronobergs län och riktar sig mot den nordiska marknaden, men samma trender med ökande efterfrågan återspeglas även i andra delar av världen. I Nordamerika uppvisade gröna tak-industrin en ökning på hela 115% bara under år 2011, enligt organisationen Green Roofs for Healthy Cities (2012) årliga undersökning och sedan dess har ökningen fortsatt. För 2016 var ökningen drygt 10% jämfört med året innan (Green Roofs for Healthy Cities, 2017).

När efterfrågan ökar så ökar även betydelsen av att produktionen sker så effektivt som möjligt (Clark & Zheng, 2014a). En del forskning har gjorts på hur *Sedum* reagerar på olika vattentillgång, men näringsbehovet däremot är relativt outforskat (Emilsson et al., 2007). På senare år har en del studier i ämnet gjorts, men de allra flesta behandlar hur näringstillförseln

kan optimeras på redan installerade gröna tak. Att hitta information om hur näringstillförseln blir så effektiv som möjligt under produktionsfasen är betydligt svårare. Det här projektet bygger på en önskan från Veg Tech om att få klarhet i näringsbehovet hos *Sedum* i relation till nuvarande gödslingsstrategi. Detta är av vikt av såväl företagsekonomiska som av miljömässiga skäl. Näringsförluster innebär, förutom läckage som kan bidra till övergödning, onödiga utgifter och med ökande efterfrågan blir det också viktigt med en så effektiv produktion som möjligt för att kunna producera kvalitativa mattor på kortast möjliga tid, på de ytor som finns att tillgå. Clark & Zheng (2013a, s.448) konstaterar att "Given that *Sedum* plants are in high demand for green roof installations, there is an urgent need for recommendations regarding optimal growing conditions". I den här studien utförs därför en kartläggning av den aktuella näringsstatusen i Veg Techs odlingar.

1.1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med projektet är att ta reda på hur effektiv gödslingen i odlingarna är i dagsläget och hur detta kan förbättras genom en bättre kännedom om näringskoncentrationer och balans mellan olika näringsämnen i de båda växtsläktena som ingår i mattorna. Förökning sker genom att skott klipps ur mattorna vid ett antal tillfällen per säsong, med början i mitten av maj. För optimalt läkande och återväxt efter klippning är en god gödslingsstrategi av stor vikt. Man vill också veta att näringsbalansen är god för att minska risken för sjukdomsangrepp i odlingarna. På sikt vore det också önskvärt för företaget att hitta strategier för ökad täckning av *Phedimus*-arterna, då *Sedum* och framförallt *Sedum album* är mycket dominanta i produktionsfasen av mattorna. Dominansen av *S. album* gör naturligtvis denna till en nyckelart i produktionen och man önskar också få en förståelse för hur rotutvecklingen i denna art skulle kunna förbättras.

Utifrån dessa önskemål har följande frågeställning formulerats:

Hur ser balansen mellan och koncentrationerna av näringsämnen i *Sedum album* och *Phedimus spurius* ut i Veg Techs odlingar? Hur påverkas detta efter klippning och efter gödsling enligt den modell de använder idag? Hur kan gödseltillförseln i odling av *Sedum*-mattor för gröna tak utifrån denna information optimeras?

1.1.2 Genomförande och avgränsning

Projektet har genomförts dels genom studier av befintlig litteratur, samt genom provtagningar och växtnäringsanalyser i företagets odlingar.

Vissa avgränsningar har varit nödvändiga för att kunna genomföra projektet på 15 hp. Av de totalt sju arter ur två släkten som ingår i Veg Techs *Sedum*-mattor studeras en art ur fetknoppssläktet (*S. album*) och en ur fetbladssläktet (*P. spurius*) i projektet. Fokus ligger i första hand på nyckelarten *S. album*. Antagandet att alla arter inom vardera släkte har liknande näringskoncentrationer i vävnaderna och liknande näringsbehov görs.

En annan begränsning är att det inte funnits utrymme för tester av olika gödselbehandlingar. För att få en uppfattning om huruvida nuvarande näringsstatus är bra eller dålig har istället jämförelser med befintlig litteratur gjorts.

1.2 Teoribakgrund

1.2.1 *Sedum*-släktet

Sedum, fetknoppssläktet, tillhör familjen Crassulaceae och är torkresistenta suckulenter (Stephenson, 1994). Det är ett stort släkte med uppemot 600 arter med alltifrån annueller till perenner. De flesta är lågväxande, med grunda, fibrösa rotsystem och krypande växtsätt, men släktet är diverst och enstaka arter kan bli uppemot en meter höga (Snodgrass & Snodgrass, 2006).

Sedum-arterna är mycket utbredda och finns naturligt på hela norra halvklotet, på väl-dränerade platser med låg konkurrens (Stephenson, 1994). De är hårdiga och har mycket god förmåga att klara extrema förhållanden vad gäller såväl vind och temperatur som torka. De flesta arter inom släktet är så kallade CAM-växter (Crassulacean Acid Metabolism) vilket bidrar till hårdigheten genom att minimera vattenförluster (Stephenson, 1994). CAM-växter har sina stomata stängda dagtid och släpper istället in koldioxid nattetid, när transpirationen är som lägst. Koldioxiden omvandlas till organiska syror som kan lagras i vakuolen. Under dagen sker sedan fotosyntesen med dessa syror som en intern koldioxidkälla som blir tillgänglig genom dekarboxylering (Cushman, 2001). CAM-metabolism kan vara antingen konstant förekommande i en art, eller induceras exempelvis på grund av stressande miljöförhållanden. Sayed (2001) presenterade en lista över 407 CAM-växter, där 25 olika *Sedum*-arter ingick. Av dessa rapporterades samtliga ha fakultativ CAM-metabolism. Under mindre stressande förhållanden har de istället vanlig C3-metabolism (Moritani et al., 2017). Hur näringstillgång påverkar CAM-inducering hos *Sedum* är okänt (Emilsson et al., 2007).

På senare år har det skett en omklassificering av ett antal *Sedum*-arter. Fetbladsväxter ingick tidigare också i *Sedum*, men numera heter dessa istället *Phedimus* (Svensson, u.å.). Eftersom detta skett relativt nyligen finns än så länge ytterst lite dokumenterat om den nya indelningen. Exempelvis i den virtuella floran finns *Phedimus* inte beskrivet, då släktesbeskrivningen av *Sedum* senast uppdaterades i början av 2000-talet (Naturhistoriska riksmuseet, 2000). Enligt Wikipedia (2015) är de båda släktena mycket närstående och liknar varandra på de flesta punkter, men bladens morfologi skiljer sig något åt. Fetknopparna har köttigare, mer saftspända blad medan fetbladen har plattare och något större bladskivor, vilket också bekräftas av Lina Pettersson på Veg Tech (personlig kommunikation 2018-08-13). Namnsättningen inom dessa släkten är inte helt tydlig och konsekvent. I detta arbete används genomgående de nya namnen på fetbladen, oavsett vilken namngivning som ursprungligen använts i de studier som hänvisas till. När de generella benämningarna *Sedum*-arter eller *Sedum*-växter används åsyftas däremot såväl fetknoppssläktet som fetbladssläktet, om inget annat anges.

1.2.2 Veg Techs mattor

I Veg Techs mattor ingår flera arter från de båda ovan nämnda släktena: vit fetknopp (*S. album*), gul fetknopp (*Sedum acre*), kantig fetknopp (*Sedum sexangulare*), sibiriskt fetblad (*Phedimus hybridus*), smaragdfetblad (*Phedimus floriferus*), kamtjatka-fetblad (*Phedimus kamschaticus*) och kaukasiskt fetblad (*P. spurius*) (Lina Pettersson, Veg Tech, personlig

kommunikation 2018-03-22). Även mongoliskt fetblad (*Hylotelephium ewersii*, tidigare *Sedum ewersii*) förekommer.

Den helt dominerande arten i mattorna är *S. album*, en art med små, strödda, trubbiga blad och krypande växtsätt (Stephenson, 1994), se figur 1. Den är känd för sin hårdighet och spridningsförmåga, Monterusso et al. (2005) beskriver dess växtsätt som aggressivt. Emilsson & Rolf (2005) gjorde liknande observationer i en studie där de jämförde olika etableringsmetoder för gröna tak i södra Sverige. Särskilt mycket gynnades *S. album* av etablering av färdiga vegetationsmattor, likt de Veg Tech producerar. Det finns många olika sorter av denna art och de kan variera i utseende, framför allt kan det skilja mycket i färgen på bladen, på en skala från grönt till klarrött. I Veg Techs mattor ingår tre olika sorter av denna art, *S. album* 'Lime', *S. album* 'Murale' och *S. album* 'Coral Carpet'. De två sistnämnda är naturligt röda till färgen (Stephenson, 1994; Snodgrass & Snodgrass, 2006).

Av fetbladen är *P. spurius* den mest förekommande arten i mattorna. Den har större, platta blad och har tydliga ärr på stammarna efter tappade blad, vilket framgår av figur 1. Även denna art har krypande växtsätt och varierar mycket i såväl blad- som blomfärg (Stephenson, 1994). Till skillnad från andra arter inom *Phedimus*-släktet så är den vintergrön. Likt *S. album* är den känd för att vara en duktig marktäckare (Stephenson, 1994).



Figur 1. *S. album* (t.v.) och *P. spurius* (t.h.). Foto: Camilla Oskarsson.

1.2.3 Produktion

1.2.3.1 Etablering

Nya mattor etableras med skott som klipps från andra, snart leveransklara, mattor, samt från så kallade moderytor. Detta är ytor som odlas enbart i syfte att klippa skott till förökning ifrån. De går aldrig iväg till försäljning och ligger därmed kvar i flera år, att jämföra med de vanliga mattorna i produktion som plockas upp för leverans efter drygt ett år. Moderytorna domineras, till skillnad från mattorna, av fetblad och då framförallt *P. spurius*. Vid etablering av en ny matta sprids skott över ytan med 300 g/m², varav hälften kommer från andra mattor

och hälften från moderytor, för att uppnå en jämn artfördelning (Lina Pettersson, Veg Tech, personlig kommunikation 2018-04-06). *Sedum*-växter är mycket lätta att sticklingsföröka, enskilda blad såväl som skott har lätt för att rota sig (Stephenson, 1994). Bevattnings kan användas för att de ska rota sig bättre, men oftast klarar de att etablera sig även vid torka (Snodgrass & Snodgrass, 2006).

1.2.3.2 Gödsling och bevattning

Mattorna gödglas omväxlande med NPK 11-5-18 och N27, dessa gödselmedel har valts av praktiska och ekonomiska skäl (Lina Pettersson, Veg Tech, personlig kommunikation 2018-03-22). Första givan för säsongen ges så fort tillväxten startat, tidpunkten varierar beroende på hur vintern varit. Företaget har i dagsläget ingen exakt strategi för när och hur ofta gödsling sker, men ett riktmärke har varit cirka var sjätte vecka under växtsäsongen, totalt 4-5 gånger per säsong. Bevattnings sker med spridare efter behov, cirka varannan dag under växtsäsongen.

1.2.3.3 Klippning

Klippning i en matta sker tidigt under växtsäsongen samma år som den blir leveransklar (Lina Pettersson, Veg Tech, personlig kommunikation 2018-03-22). Pettersson uppger också att en första klippning brukar, beroende på vinterns längd, göras ungefär i mitten eller slutet av maj. Om dålig marktäckning förekommer i mattorna kan de klippas utan att skotten samlas in, istället får de falla till marken och rota sig i den egna mattan. Även i mattor där skotten förs bort kan tillväxten stimuleras av själva klippningen. Klippning är också ett sätt att öka plantors vigör, samt få dem att förgrena sig och sätta mer rikligt med blommor (Klingeman et al., 2008).

1.2.4 Näring

1.2.4.1 Näringsbehov och läckage

I och med att intresset för gröna tak ökat har det på senare år genomförts en del studier kring näringsbehovet hos *Sedum*. Framför allt Clark & Zheng (2012; 2013b; 2014a; 2014b; 2014c) vid universitetet i Guelph, Kanada, har gjort ett flertal studier i ämnet. De konstaterar att en adekvat gödslingsstrategi är av vikt för såväl tillväxt som estetik och täckningsgrad i mattorna. Det bekräftar även vad äldre studier visat, Fischer & Jauch (2003, refererat i Emilsson et al., 2007) visade att gödsling inte hade någon effekt på etableringen på gröna tak, men däremot på tillväxt och täckning. Clark och Zheng (2014b) lyfter också det faktum att det är svårt att jämföra med andra hortikulturella kulturer eftersom *Sedum* ofta odlas i mycket säregna substrat. Substratet måste vara lätt med tanke på takets bärkraft, det ska vara vattenhållande, näringshållande och inert (Vinnova, 2017). På grund av detta bör halten organiskt material inte överstiga 15% (Rowe et al., 2006). Barker & Lubell (2012) har också konstaterat att tillväxten är mycket dålig utan gödsling, med så lite som 30% marktäckning, på grund av den ovanligt låga halten organiskt material.

En övervägande majoritet av de studier som finns att tillgå behandlar gödsling av mattorna efter installation på tak, snarare än gödslingsbehovet under produktionen. Dessutom förekommer flera motsägelsefulla resultat. Retzlaff et al. (2009) drar slutsatsen att gröna tak i huvudsak bör gödglas de två första åren efter installationen, medan Snodgrass & Snodgrass (2006) menar att substratet vid installationen ska innehålla tillräckligt mycket näring för att

tillgodose växternas behov under det första året och att gödsling därmed tidigast bör ske från och med år två. Flera aspekter kan påverka risken för läckage och därmed bidra till de olika rekommendationerna, till exempel substratets sammansättning och typen av växtlighet på taket. Klimatet påverkar också gödslingsbehovet, eftersom exempelvis temperaturen har inflytande på mineraliseringshastigheten (Clark & Zheng, 2014b). De allmänna riktlinjerna för skötsel av gröna tak, framtagna av tyska FLL (2008), säger att gödsling alltid bör ske med hänsyn till substratets innehåll, för att minimera risken för läckage. En årlig giva på 5 g N/m² rekommenderas (FLL, 2008). De svenska rekommendationerna i Grönatakhandboken (Vinnova, 2017) är att *Sedum*-tak bör underhållsgödslas vartannat eller vart tredje år med långtidsverkande gödselmedel (CRF, controlled-release fertilizers) med 6 g N/m². Fosfor (P), kalium (K), samt mikronäringsämnen bör också ingå (Vinnova, 2017).

Gödsling av gröna tak ska tillgodose växternas näringsbehov och upprätthållande av hög täckningsgrad och estetiska uttryck utan att bidra till näringsläckage som är större än det från en motsvarande ogödslad yta (Clark & Zheng, 2013b). Näringsläckage är ett problem i många odlingssystem och innebär såväl onödiga utgifter för odlaren, som hög miljöbelastning. Konventionella kvävegödselmedel kräver mycket energi vid framställningen. Nitrat är lättroligt och läcker lätt från systemet, vilket bidrar till övergödningsproblematiken (Ashman & Puri, 2002). På gröna tak är det extra viktigt att minimera läckage, då den näring som lämnar systemet följer avrinningsvattnet ut i dagvattensystemet. Berndtsson et al. (2006) undersökte huruvida gröna tak i södra Sverige fungerar som källa eller sänka för näringsämnen genom att jämföra med innehållet i regnvattnet. De fann att för såväl K som för P så var gröna tak en tydlig källa, men kvaliteten på avrinningsvattnet förbättrades med åldern på taket. För kväve (N) var resultaten inte entydiga, överlag fungerade gröna tak mer som sänka än källa för N, med undantag för när taken nyligen hade gödslats. Även Emilsson et al. (2007) konstaterar att risken för läckage är mindre vid gödsling på redan etablerade tak, än på helt nyanlagda sådana.

För att minska risken för läckage används vid gödsling av gröna tak ofta CRF, vars syfte är att det under hela säsongen ska frisättas näring i en takt som motsvarar växternas behov (Shaviv, 2001). I de substrat som används på gröna tak finns generellt en väldigt låg katjonbyteskapacitet (CEC), vilket är ett resultat av den låga halten organiskt material och lera, i kombination med det tunna substratslagret och den därmed begränsade rotvolymen, enligt Emilsson et al. (2007). Därmed anses det finnas en stor risk att konventionella gödselmedel överskrider kapaciteten hos växtupptaget och CEC tillsammans. I en studie av Emilsson et al. (2007) i Sverige testades såväl CRF som ett konventionellt gödselmedel (ProMagna 11-5-18) i vegetationsmattor med *S. album*, *S. acre* och *P. spurius* som fick fyra olika behandlingar: 2,5 g N/m², 5 g N/m², 10 g N/m² och en kontroll som inte gödslades alls. De två lägre behandlingarna applicerades i form av CRF, medan den högsta gavs som 5 g CRF och 5 g konventionellt gödselmedel kombinerat. Den högsta behandlingen ledde till signifikant högre läckage än de övriga och slutsatsen drogs att konventionellt gödselmedel i högre grad än CRF bidrar till läckage. Dessutom påvisades att den högsta givan inte bara ledde till en ökad näringsnivå just efter gödsling, utan även vid studiens slut efter sex veckor, vilket författarna menade indikerar att det finns risk för läckage under en längre period efter gödsling med konventionella gödselmedel. Det borde i så fall även innebära att användning av konventionella gödselmedel under produktionstiden kan leda till sämre kvalitet på avrinningsvattnet från det senare installerade taket. Författarna reflekterar dock inte kring

huruvida de signifikant högre riskerna för läckage från den högsta behandlingsnivån verkligen beror på gödseltypen, eller om det lika gärna skulle kunna vara en effekt av att dosen är dubbelt så stor som i den näst högsta behandlingen.

Clark & Zheng (2013b) jämför olika nivåer av CRF på ett installerat *Sedum*-tak med fem olika arter, där de förutom näringsinnehållet i avrinningen även fokuserar på hur väl växterna presterar under de olika förutsättningarna. Åtta olika behandlingar, från 0 till 60 g N/m² testades. Kvävekoncentrationen i avrinningsvattnet påverkades inte av givor upp till 20 g N/m² men steg däröver, vilket ledde till slutsatsen att växternas kvävebehov låg någonstans runt denna nivå. Sammantaget, med hänsyn till såväl läckage av olika ämnen som visuell status hos växterna blev rekommendationen utifrån denna studie att årligen gödsla med CRF och en giva motsvarande 15 g N/m². I en uppföljande studie (Clark & Zheng, 2014b) testades återigen olika nivåer av CRF (5-20 g N/m²) men också ett fluglarvsprocessat hönsgödsel, då man ville undersöka mer hållbara gödslingsalternativ för gröna tak. Resultatet blev att hönsgödseln bidrog till signifikant högre läckage, utan att växterna presterade bättre. Därför bedömdes även i denna studie CRF vara det bästa alternativet. Författarna till denna studie bekräftar rekommendationen om att inte gödsla första året. Med alla faktorer sammanvägda blev rekommendationen efter denna studie 10 g N/m² från och med år två, att jämföra med 15 g N/m² från den föregående studien. Noteras bör att i den första studien fanns betydligt lägre nivåer av såväl totalt N som växttillgängligt nitrat (NO₃⁻) i substratet än i den andra studien (204 respektive 2,0 mg/kg, jämfört med 830 respektive 283 mg/kg), vilket visar vikten av att ta substratets näringsinnehåll och -förråd i beaktande vid utformning av en gödslingsstrategi.

Clark & Zheng (2014b) visade i samma studie också att givor på 15 g N/m² eller mer, applicerade i juli, ledde till brännskador på växterna under vintern. I en tidigare studie (Clark & Zheng, 2012) studerades specifikt hur man kan gödsla nyinstallerade gröna tak inför vintern för att uppnå bättre övervintring. Detta bör även vara intressant under produktionsfasen då högre överlevnadsgrad under vintern borde innebära att mattorna kan vara leveransklara tidigare året efter. Studien utfördes i Guelph och det var en kall vinter med minusgrader de flesta dagar mellan december och mars, med den lägsta uppmätta temperaturen (-21,4°C) i januari. Effekten av extra K och P för vinterhårdigheten hos *Sedum* utvärderades. Medan såväl biomassa som täckningsgrad ökade för alla gödslade behandlingar jämfört med kontrollen, så kunde man inte se någon signifikant skillnad för de behandlingar som fick extra av dessa ämnen, jämfört med de behandlingar som fick enbart CRF (20 g N/m²) av kompositionen 16N-6P-13K. När tre av de ingående arterna, *S. album*, *S. acre* och *S. sexangulare* utvärderades individuellt kunde man däremot se att täckningsgraden för *S. album* ökade på alla ytor som fått något gödselmedel och att *S. album* särskilt gynnades på de ytor som fått extra K eller extra P. Detta trots att *S. album* något överraskande var den art som fick mest vinterskador av att gödslas, när samtliga behandlingar jämfördes med den ogödslade kontrollen.

Några som också undersökt olika gödseltyper för gröna tak är Lubell et al. (2013), i en studie där effekten av CRF (14N-6,1P-11,6K) såväl som organiska gödselmedel (4N-0,9P-1,7K och 8N-2,2P-4,5K) och konventionellt handelsgödselmedel (10N-4,4P-8,3K) på två arter (*S. album* och *Sedum rupestre*) testades. Samtliga gödselmedel som ingick i studien hade valts ut på grund av sina likartade proportioner av N:P:K. För de båda sistnämnda typerna av gödselmedel jämfördes också en enda giva i början av växtsäsongen med två halva givor som

utdelades med knappt två månaders mellanrum. Varje giva oavsett gödselmedel och sammansättning motsvarade 10 g N/m², och de behandlingar som omfattade två halva givor var därmed 5 g N/m² per giva. Precis som Clark & Zheng (2014b) fann man att de organiska alternativen var ineffektiva. Författarna menar att näringen inte blev växttillgänglig i adekvat hastighet på grund av mycket låg mikrobiell aktivitet i substratet. Något överraskande var det inte CRF som gav det bästa resultatet i denna studie, till skillnad från vad som vistas tidigare (Emilsson et al., 2007). Bäst resultat både vad gäller tillväxt och estetisk kvalitet uppnåddes i denna studie vid användning av en samlad giva av konventionellt handelsgödselmedel. En förklaring kan möjligen vara att i denna studie var växternas prestation huvudfokus, medan Emilsson et al. i första hand fokuserade på avrinningsvattnets kvalitet. I diskussionen menar författarna att resultatet skulle kunna förklaras av *Sedum*-arternas naturliga habitat, som ofta är torra välldränerade platser där vårfloden är av stor betydelse för såväl vatten- som näringstillförsel. Detta leder till att *Sedum* har sin aktiva tillväxtperiod i första hand på våren och är relativt inaktiv resten av säsongen, vilket förklarar varför den delade givan gav ett sämre resultat. Det dåliga resultatet för CRF förklaras också av detta, näringen blev växttillgänglig för långsamt för att motsvara det stora näringsbehovet på våren. Detta är intressant med tanke på att merparten av alla studier fokuserar främst på CRF.

Ytterligare exempel på en studie som koncentrerar sig på enbart olika nivåer av CRF på gröna tak utfördes av Rowe et al. (2006) för olika växtarter, bland annat två *Sedum*-arter. Gödselmedlet var av kompositionen 13N-5,7P-10,8K och gavs i givor från 0 till 150 g/m², där den högsta givan alltså motsvarar 19,5 g N/m². Även denna studie bekräftar att *Sedum* spp. presterar bättre med gödsel än utan, oavsett vilken giva det rör sig om, då kontrollen hade mycket sämre visuell status än de övriga behandlingarna. De konstaterar dock att mycket gödsel inte är nödvändigt för att uppnå de positiva effekterna och anser inte att mer än 50 g/m², det vill säga 6,5 g N/m², per år är motiverat. De lyfter dessutom en annan viktig aspekt, nämligen den att på tak är det inte säkert att man alltid eftersträvar maximal tillväxt. Det kan öka viktbelastningen på taket och dessutom kan växter med för snabb tillväxt bli känsligare för såväl extrema klimat som för olika angrepp (Rowe et al., 2006). Detta är intressant att lyfta, då detta naturligtvis skiljer sig från produktionsfasen, då man vill producera kvalitativa mattor med hög tillväxt och täckning på så kort tid som möjligt. Det betyder också att en optimal gödslingsstrategi under produktion inte behöver vara samma som för installerade tak, vilket är problematiskt eftersom ytterst få studier gjorts under produktionsfasen.

Clark & Zheng har följt upp sina tidigare studier med två stycken om näring under produktionen. Även i dessa fall är det CRF som använts. I den ena (Clark & Zheng, 2014a) har vegetationsmattor med fem *Sedum*-arter (däribland *S.album*, *S.sexangulare*, *P. spurium* och *P. hybridum* som ingår i Veg Techs mattor) använts och gödslats med sju olika behandlingar mellan 0 och 35 g N/m². Resultaten liknar till stor del de som erhållits i tidigare studier. Växterna gjorde ett bättre helhetsintryck vid 20 g N/m² eller högre, medan de lägre givorna minskade risken för vinterskador. Vid 10 g N/m² eller lägre minskade täckningsgraden över tid och dessutom uppnåddes önskad täckningsgrad snabbare vid de högre givorna. De drar därför slutsatsen att gödsling är av stor vikt för en effektiv produktion av *Sedum*-mattor och att 20 g N/m² är mest optimalt när olika faktorer vägs samman. Noteras kan att detta är den högsta rekommendation som Clark & Zheng kommit med, trots att både totalt kväveinnehåll och växttillgängligt kväve förekom i högre halter i substratet i detta försök (501 respektive 4,00 mg/kg) jämfört med den studie där de kom fram till den lägre rekommendationen 15 g

N/m² (Clark & Zheng, 2013b). Det skulle eventuellt kunna tyda på ett något högre näringsbehov under produktionsfasen jämfört med behovet av underhållsgödsling på installerade tak. Även den andra studien visade att produktionstiden kan styras med hjälp av gödsling. När olika givor jämfördes skiljde produktionstiden så mycket som från 63 dagar (25 g N/m²) till 300 dagar (ogödslad kontroll). Med hjälp av detta kan man i viss mån styra produktionstiden utifrån efterfrågan (Clark & Zheng, 2014c).

Gemensamt för många av de studier som gjorts kring näringsbehov i *Sedum* är att de i huvudsak jämför olika givor av ett visst gödselmedel, alternativt utgår från en viss kvävehalt hos olika gödselmedel. Detta ger naturligtvis viss information om det totala näringsbehovet, men säger inte något om behovet av de olika ämnena i förhållande till varandra. Emilsson et al. (2007) påpekar också behovet av att studera de andra näringsämnena vidare, särskilt med tanke på risken för läckage från tak och den påverkan P har på övergödningen. Mitchell et al. (2017) studerade läckage av specifikt P från extensiva gröna tak under fyra års tid och konstaterade att det finns behov av att minska den fosformängd som finns i substratet vid installationen för att minska förorening när taket väl är på plats. Samma slutsats nåddes av Clark & Zheng (2014a), som också menade att fosfornivåerna initialt måste vara låga i såväl substrat som i det gödselmedel som tillförs, för att minimera negativ miljöpåverkan.

1.2.4.2 Artsammansättning och näring

Clark & Zheng (2014a) föreslår också att skottproduktionen av olika *Sedum*-arter eventuellt skulle tjäna på att göras separat för varje art, då arterna har visats ha olika optimum av flera odlingsparametrar. Även Barker & Lubell (2012) konstaterar att artsammansättningen i färdiga mattor kan styras genom att justera proportionerna av tillförda skott från olika arter. I sin studie, som utfördes i Connecticut, undersöker de hur tre olika nivåer av gödsling (CRF 15N-3,9P-10K) påverkar sex stycken olika *Sedum*-arter, däribland *S. album* och *P. spurius* som är av intresse i detta projekt. Den lägsta gödselgivan som testades motsvarar cirka 4,0 g N/m² och den högsta 8,7 g N/m², det vill säga relativt låga nivåer jämfört med flera andra studier. Dock bör påpekas att uppgifter om substratets näringsinnehåll saknas. De olika arterna odlades såväl separat som parvis, där *S. album* och *P. spurius* utgjorde ett par. Generellt ledde en högre giva till högre färskvikt, men ingen signifikant skillnad i täckningsgrad observerades mellan de båda högsta givorna. Däremot ledde den högsta givan i något högre grad till brännskador på växterna, varför den mellersta givan (motsvarande cirka 6,3 g N/m²) rekommenderas av författarna. Individuellt så var det *P. spurius* följt av *S. album* som producerade den högsta färskvikten och växte snabbast. I de parvisa försöken studerades tre olika startproportioner av de olika arterna, 25% av art 1 och 75% av art 2, 50 % av vardera art samt 75% av art 1 och 25 % av art 2. För *S. album* och *P. spurius* förändrades inte proportionerna signifikant för någon av gödselnivåerna, medan resultatet för några av de andra *Sedum*-arterna var helt annorlunda. Författarna menar att resultatet var väntat med tanke på att båda arterna har krypande växtsätt och är kända för att ha god tillväxthastighet, vilket också visade sig i de individuella testerna (Barker & Lubell, 2012).

1.2.4.3 Ammonium/nitrat-preferens

Inga studier har, vad författaren av detta arbete känner till, gjorts på ammonium/nitrat-preferens specifikt hos *Sedum*-släktet. Lüttge (2004) presenterar i en review-artikel motsägelsefulla resultat gällande ammonium/nitrat-preferens för olika CAM-växter. Studier som gjorts på arter ur familjen Bromeliaceae har visat på en tydlig preferens för ammonium. Även *Clusia* (familjen Clusiaceae) har visats ha en preferens för ammonium (Arndt et al., 2002). Vad gäller Crassulaceae, så har flera studier gjorts inom släktet *Kalanchoë*, som likt *Sedum* har fakultativ CAM-metabolism. Resultaten pekar på att CAM induceras mest vid gödsling med nitrat (Lüttge, 2004). En studie av Pereira et al. (2017) bekräftar detta och föreslår även att höga doser av ammonium kan verka toxiskt. Författarna påpekar att det verkar se olika ut inom olika CAM-växter, samt att det även inom *Kalanchoë*-släktet förekommer divergerande resultat. Maftoun et al. (1980) genomförde en studie som jämförde de båda kväveformernas inverkan på några CAM-växter, däribland *Hylotelephium telephioides* (tidigare *Sedum telephioides*). De kunde då konstatera att gödsling med enbart ammonium reducerade bladtillväxten hos denna art. Tyvärr omfattade studien inga behandlingar med ammonium och nitrat kombinerat, utan bara antingen eller. Dessutom, eftersom det visat sig skilja mycket inom släkten och *H. telephioides* inte står särskilt nära *S. album* bland *Sedum*-växterna så är det svårt att dra några vidare slutsatser utifrån detta.

1.2.4.4 Näringsinnehåll *Sedum*

Väldigt få studier har genomförts där analyser gjorts av växtnäringsinnehållet i *Sedum* och ingen studie om detta specifikt gällande produktionsfasen av gröna tak har funnits att tillgå, vilket visar behovet av detta projekt.

Moritani et al. (2017) undersökte hur olika salthalt i bevattningsvatten på gröna tak påverkar näringsinnehållet hos *Phedimus kamschaticus*. Tre olika nivåer av elektrisk konduktivitet (EC) och en kontrollnivå med kranvatten undersöktes. I tabell 1 presenteras näringsinnehållet som konstaterades i bladen vid kontrollen, där bevattningsvattnet hade ett EC på 0,7 dS/m.

I en studie av Clark & Zheng (2013a), som undersökte hur pH påverkade tillväxten av olika *Sedum*-arter analyserades näringsinnehållet vid olika pH-värden. I tabell 1 återfinns deras resultat för *S. album* och *P. spurius* vid pH 6,4 respektive 7,2. Dessvärre saknas data för kväve i denna studie.

Emilsson et al. (2007) analyserade förutom olika gödselmedel och givor också näringsinnehållet i biomassan. I tabell 1 presenteras värdena för växtmaterial ur *Sedum*-mattor som fått de låga, medelhöga och höga givorna. Den höga bestod delvis av konventionellt gödselmedel, övriga enbart av CRF. För detaljer, se sektion 1.2.4.1.

Tabell 1. Näringsinnehåll i olika *Sedum*-arter. Observera att såväl gödsling och substratssammansättning som andra miljöfaktorer ej varit desamma i de olika studierna och att värdena främst presenteras i syfte att ge en fingervisning.

Art	pH	% torrsvikt						µg/g torrsvikt				
		N	P	K	Mg	Ca	Na	Cu	Zn	Mn	B	Fe
<i>P. kamschaticus</i> ¹	6,7	0,83	-	2,2	0,25	1,6	0,37	-	-	-	-	-
<i>S. album</i> ²	5,4	-	0,53	3,4	0,65	1,7	-	25	94	130	22	83
<i>S. album</i> ²	6,4	-	0,57	3,6	0,82	2,1	-	18	130	260	18	100
<i>S. album</i> ²	7,2	-	0,51	-	0,98	2,4	-	16	88	-	12	-
<i>P. spurium</i> ²	5,4	-	0,39	3,0	0,61	1,3	-	8,0	93	86	18	80
<i>P. spurium</i> ²	6,4	-	0,32	2,5	0,77	1,9	-	7,3	130	96	15	64
<i>P. spurium</i> ²	7,2	-	0,40	-	-	1,8	-	-	110	-	11	-
<i>Sedum</i> -mix ³ låg	-	1,3	0,46	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sedum</i> -mix ³	-	1,4	0,46	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
mellan												
<i>Sedum</i> -mix ³ hög	-	2,1	0,41	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Efter Moritani et al. (2017). Torrsvikten bestämd vid 80°C.

² Efter Clark & Zheng (2013a). Torrsvikten bestämd vid 60°C.

³ Efter Emilsson et al. (2007). Artsammansättningen var: *S. album* 40 vikt-%, *S. acre* 40% och *P. spurium* 20%. Temperaturen för bestämning av torrsvikt framgår ej.

CAM-växter och Crassulaceae generellt, dock ej specifikt *Sedum*, har visat sig innehålla högre halter av kalcium (Ca) än många vanliga jordbruksgrödor. Det tyder på att de är kalkälskande växter (Lüttge, 2004). *Sedum* växer naturligt ofta på kalkrika klippställar och har god konkurrensförmåga i sådana miljöer, men som Stephenson (1994) påpekar så betyder det inte nödvändigtvis att de har sitt tillväxtoptimum vid höga pH-värden, utan snarare att de konkurrerar bra vid dessa pH.

1.2.4.5 Näringsbrist

Veg Tech har noterat att stressade plantor blir mer rödfärgade, vilket också överensstämmer med Stephensons (1994) betraktelser att *S. album* blir rödfärgad vid torka. Generellt hos växter är rödfärgning också ofta symptom på P-brist, men kan också indikera brist på andra ämnen som exempelvis N (Raven et al., 2005). Specifika bristsymptom för *Sedum*-växter är tyvärr inte kända, Clark & Zheng (2013a) påpekar behovet av sådan forskning. Likaså har, som nämnts tidigare, inga uppgifter kunnat hittas angående vilka nivåer av de olika näringsämnen som bör finnas i växtvävnaderna hos *Sedum*-växter. Däremot finns uppgifter om vilka koncentrationer som är normala för växter i allmänhet, dessa presenteras i tabell 2.

Utöver substratets innehåll av mineralnäring påverkas näringstillgången också av pH. Vid låga pH-värden blir magnesium (Mg) och Ca svårtillgängliga, medan framförallt upptaget av P men också flera mikronäringsämnen hämmas vid för höga pH (Bailey, 1996). En riktlinje är att pH mellan 5,6 och 6,2 är mest optimalt för växttillgänglig näring i substrat medan optimum i en mineraljord ligger något högre (Bailey, 1996). I studien om optimalt pH för flera *Sedum*-arter (Clark & Zheng, 2013a) medförde det lägsta testade pH-värdet bleka skottspetsar för *S. album* och *S. sexangulare*, vilket författarna föreslår kan tyda på Mg-brist. Detta speglades också i att växtanalyserna för dessa arter vid de lägsta pH-värdena innehöll

signifikant lägre halter av Mg än vid övriga pH. Det observerades också en kraftigare rödfärgning hos *P. spurius*, trots att en naturligt röd sort användes, vid pH 7,2 eller högre. Fosforhalterna skiljde sig inte signifikant åt i vävnaderna jämfört med vid lägre pH, men man kunde se en sådan trend och för flera andra arter innehöll växterna signifikant mindre P vid höga pH. Tyler (1996) visade att *Hylotelephium telephium* (tidigare *Sedum telephium*) i södra Sverige begränsades i sin tillväxt av fosfatbrist även vid lägre pH-värden.

Tabell 2. Adekvata näringskoncentrationer i växter i allmänhet, efter Raven et al. (2005), Taiz et al. (2015) och Vetanovetz (1996).

Ämne	Koncentration i torr vävnad (%)	Ämne	Koncentration i torr vävnad (µg/g)
N	1,5	Mn	50
P	0,2	B	20
K	1,0	Cu	6
Ca	0,5	Fe	100
Mg	0,2	Zn	20
S	0,1	Mo	0,1

2. Metod och material

2.1 Växtmaterial och substrat

I studien har tre olika odlingsomgångar på cirka 1-2 ha vardera, så kallade batcher, av *Sedum*-mattor (artsammansättning enligt sektion 1.2.2) i Veg Techs odlingar använts, samtliga etablerade under vecka 24 år 2017. Batcherna är lokaliserade på tre olika orter inom Kronobergs län: Elnaryd, Lagan och Tutaryd. På vardera ort har också en så kallad moderyta ingått i studien (se sektion 1.2.3.1), anlagda mellan vecka 29 och 36 år 2015. Batcherna har använts för att studera *S. album* medan moderytorna användes för att kunna komplettera studien med analyser av *P. spurius*.

Mattorna odlas i marknivå, på ett lager plast följt av en nylonstomme som fylls med substrat, 3 cm tjockt, 30 liter/m². Substratet som används i *Sedum*-odlingarna består av krossad lavasten (Scoria 2-8mm) makadamkross, stenmjöl, matjord, torv och lera. Volymvikten bestämdes enligt svensk standard SS-EN 13040:2007 (Swedish Standards Institute, 2007) till 1007 g/liter. Värdet är ett medelvärde av nio replikat, tre från vardera batch.

2.2 Skötselinsatser under projektets gång

De batcher som studerats i projektet har inte varit vigda enbart åt studien utan har samtidigt använts i Veg Techs fortlöpande produktion. Ibland har detta inneburit kompromisser vad gäller skötselinsatser på ytorna och det har inte alltid varit möjligt att ha samma behandling i alla tre batcher. Den för årstiden extrema väderleken har ställt till det, till exempel uppmättes i maj månad i Götaland högre temperaturer än på över 100 år (SMHI, 2018b) och nederbörden i Kronoberg var under samma period mindre än hälften av det normala sedan 1961 (SMHI, 2018c). Hänsyn till olika behandling av batcherna har tagits i tolkning av analysresultaten.

2.2.1 Gödsling

Gödsling sker med centrifugalspridare. Varje batch har gödslats tre gånger under projektets gång. Samtliga ytor var ogödslade vid provtagning 1 (16-17 april) och gödslades med YaraMila ProMagna NPK 11-5-18 de närmast följande dagarna därefter. Vid provtagning 2 (6-7 maj) var den ursprungliga planen att ytorna enbart skulle vara gödslade en gång så långt, men på grund av väderlek och odlingsförhållanden påbörjades nästa gödsling tidigare än planerat. Det innebar, vilket framgår av tabell 3, att både Elnaryd och Tutaryd var gödslade en andra gång, med YaraBela Axan N27, när andra provtagningen ägde rum. Samtliga batcher gödslades igen med NPK mellan tredje och fjärde provtagningen. I tabell 4 framgår hur mycket av olika näringsämnen som tillförts.

Tabell 3. Schema över gödslingen i de tre batcherna samt moderytorna, inklusive typ av gödselmedel och givornas storlek.

Gödselmedel	NPK 11-5-18	N27	NPK 11-5-18
Giva	20 g/m ²	20 g/m ²	20 g/m ²
Elnaryd batch	18 april	3 maj	6 juni
Lagan batch	19 april	9 maj	14 juni
Tutaryd batch	23 april	3 maj	13 juni
Elnaryd moderyta	11 april	3 maj	11 juni
Lagan moderyta	-	9 maj	-
Tutaryd moderyta	17 maj	-	-

Tabell 4. Översikt över tillförseln av näringsämnen till de tre batcherna samt de tre moderytorna.

Ämne	g/m ²			
	Samtliga batcher	Elnaryd moderyta	Lagan moderyta	Tutaryd moderyta
N	9,8	9,8	5,4	2,2
varav NO ₃ ⁻	4,5	4,5	2,7	0,88
varav NH ₄ ⁺	5,3	5,3	2,7	1,3
P	1,8	1,8	0	0,92
K	7,0	7,0	0	3,5
Mg	0,76	0,76	0,12	0,32
S	4,7	4,7	0,74	2
Mn	0,10	0,10	0	0,050
B	0,020	0,020	0	0,010
Cu	0,012	0,012	0	0,0060
Fe	0,032	0,032	0	0,016
Zn	0,016	0,016	0	0,0080
Mo	0,00080	0,00080	0	0,00040

2.2.2 Bevattning

Bevattning har skett med spridare och enligt den ursprungliga överenskommelsen skulle bevattning ske cirka varannan dag på samtliga orter. På grund av de mycket låga regnnivåerna har detta inte varit möjligt. Framför allt i Elnaryd har tillgången på vatten varit dålig och den batchen har därför fått mindre vatten än de övriga båda.

2.2.3 Klippning

Klippning skulle ha genomförts på samtliga ytor efter provtagning 3 (28-29/5), men vädret har även i detta fall försvårat de tänkta skötselinsatserna. I Elnaryd har klippning inte kunnat genomföras alls på grund av den dåliga vattentillgången. Låg grad av marktäckning i Lagan gjorde att inga skott kunde föras därifrån efter klippning, utan de fick ligga kvar som förstärkning i den batch där de klippts. Detta innebar naturligtvis olika förutsättningar i de olika batcherna vid provtagning 4 (16-18/6). De olika klippningsinsatserna sammanfattas i tabell 5.

Tabell 5. Schema över klippningen i de tre batcherna samt moderytorna.

	Insats	Datum
Elnaryd	Ingen klippning	-
Lagan	Klippning, skotten ligger kvar i batchen	29 maj
Tutaryd	Klippning, skotten förs bort	6 juni
Moderyta Elnaryd	Klippning, skotten förs bort	16 maj
Moderyta Lagan	Ingen klippning	-
Moderyta Tutaryd	Klippning, skotten förs bort	16 maj

2.3 Provtagning och analys

Insamling av växtmaterial och/eller substrat skedde vid fyra tillfällen med cirka tre veckors mellanrum under perioden 16 april till 18 juni 2018. Tabell 6 visar vilka analyser av materialet som skedde vid vilka provtagningstillfällen. Allt insamlat material förvarades i kylväskor under arbetet i fält, medan det under nattetid förvarades i kylrum.

Tabell 6. Översikt över de olika provtagningstillfällena.

Tillfälle	Datum	Växtanalys <i>S. album</i>	Växtsaftsanalys <i>S. album</i>	Spurway i batcher	Växtanalys <i>P. spurius</i>	Spurway i moderytor
1	16-17 april	Ja	Nej	Ja	Nej	Nej
2	6-7 maj	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej
3	28-29 maj	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej
4	16-18 juni	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

2.3.1 Växtanalyser

I varje batch samlades allt ovanjordiskt växtmaterial i tre slumpvis utvalda rutor (0,25m² vardera) in. Områdena närmast kanterna uteslöt för att undvika kanteffekter. Likaså uteslöt andra områden som bedömdes vara icke-representativa, exempelvis ytorna närmast vattenspridarna. I de fall då täckningsgraden var så låg att det inte fanns tillräckligt mycket växtmaterial för analys på den aktuella arean, samlades material från en större yta (0,5 respektive 1m²) in. Materialet sorterades i fält i följande kategorier: *S. album*, övriga *Sedum*, *Phedimus* och ogräs. För varje kategori uppmättes färskvikten och viktförhållandet mellan de olika kategorierna bestämdes. *S. album* torkades i 65°C under sju dagar. Därefter uppmättes torr vikten och TS-halten bestämdes.

Vid tredje tillfället delades insamlingen av material in i två etapper, för att kunna studera hur en klippning påverkar växternas näringsstatus. Batcherna var vid tidpunkten ännu inte klippta, men en klippning simulerades genom att rutorna först klipptes med häcksax. Allt löst material (hädanefter kallat klipp) samlades så in och därefter samlades resterande ovanjordiskt material (hädanefter kallat rest) in. Både klipp och rest sorterades enligt kategorierna ovan. För ogräs gjordes ingen separation mellan klipp och rest, men för övriga kategorier bestämdes viktförhållandet mellan dessa båda, såväl som den totala vikten och viktförhållandet mellan de olika kategorierna för det totala provet (klipp + rest). De torkade *S. album*-proverna skickades på separata analyser för klipp och rest.

Vid sista provtagningstillfället gjordes utöver växtanalyserna av *S. album* från batcherna även växtanalyser av *P. spurius*. Insamling av dessa prover skedde på samma sätt som för *S. album*, med skillnaden att de samlades in från moderytorna istället för från batcherna. Materialet sorterades i följande kategorier: *P. spurius*, övriga *Phedimus*, *Sedum* och ogräs.

Alla torkade prover skickades till Eurofins i Kristianstad för totala växtanalyser. Det torra materialet analyserades vid ankomst, utan att torkas igen vid 65°C, vilket innebär att materialet kan ha tagit upp vatten under transport och i väntan på analys. För att göra en uppskattning av felet vägdes några prover två gånger, prover från provtagning 4 vägdes både när de var nytorkade och när de legat ett dygn i rumstemperatur efter torkning. Prover från provtagning 3 vägdes både som nytorkade och efter ca tre veckor i rumstemperatur. Genom att även väga påsarna som proverna torkats i separat kunde en uppskattning av hur mycket vatten växterna tagit upp göras. Efter ett dygn hade vikten ökat med i genomsnitt 1,2% och efter tre veckor 6,3%. Detta innebär att näringsinnehållet som beräknas utifrån analysvaren är något för låga. För att kompensera för detta har i beräkningarna antagandet att proverna tagit upp 5% vatten mellan vägning och analys gjorts.

En restvattenbestämning vid 130°C, där TS-halten bestämdes även vid denna temperatur, gjordes också av Eurofins. Näringskoncentrationerna anges i analysrapporterna från Eurofins som procent av TS vid denna temperatur. För att Veg Tech i framtiden ska kunna skicka in material till Eurofins och jämföra svaren med denna studie presenteras därför här koncentrationerna vid 130°C (tabell A3-A4 i Appendix 1) så väl som vid 65°C, som är den temperatur som är jämförbar med värden i vetenskaplig litteratur som ofta ligger mellan 60-80°C (se exempelvis Clark & Zheng, 2013a; Moritani et al., 2017). Förhållandena N/P, N/K och K/P beräknades baserat på koncentrationerna vid 65°C.

Utifrån koncentrationerna vid 65°C respektive 130°C kunde övriga parametrar också beräknas. Totalt näringsinnehåll per areaenhet för *S. album* beräknades för samtliga näringsämnen med hjälp av torrvikten för denna art, enligt (1).

$$\begin{aligned} &\text{Näringsinnehåll (g/m}^2\text{) av ämne } x \text{ i } S. \text{ album} \\ &= \text{Koncentration (\%)} \text{ av ämne } x \text{ i } S. \text{ album vid } 65^\circ\text{C} * 0,01 * \text{Torrvikt (g/m}^2\text{)} \\ &\text{av } S. \text{ album vid } 65^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (1)$$

Med hjälp av viktförhållandet mellan *S. album* och övriga arter beräknades näringsinnehållet per areaenhet totalt för alla arter enligt (2). Övriga *Sedum* har antagits ha samma näringskomposition som *S. album* och andelarna *Phedimus* respektive ogräs har bedömts vara tillräckligt små för att skillnader i näringssammansättning i dessa fall ska kunna anses försumbara.

$$\begin{aligned} &\text{Näringsinnehåll (g/m}^2\text{) av ämne } x \text{ totalt} \\ &= \text{Koncentration (\%)} \text{ av ämne } x \text{ i } S. \text{ album vid } 65^\circ\text{C} * 0,01 * \text{Total färskvikt (g/m}^2\text{)} \\ &\text{*TS-halt vid } 65^\circ\text{C för } S. \text{ album} \end{aligned} \quad (2)$$

För moderytorna gjordes motsvarande beräkningar för *P. spurius* och totalt, men här var situationen något annorlunda. Övriga *Phedimus* antogs på motsvarande vis ha samma komposition som *P. spurius*, men andelen övrig *Sedum* var i detta fall inte försumbar. Den

ursprungliga planen var att använda data från analyserna av *S. album* för att beräkna hur mycket näring *Sedum*-andelen bidrog med till totalen. Eftersom batcherna och moderytorna inte fått samma gödsling under projektet lät det sig dock inte göras, då skillnaderna i näringskoncentrationer för vissa ämnen var stora mellan batcher och moderytor. Med tanke på att Clark & Zheng (2013a) inte fann stora skillnader mellan de båda arterna har bedömningen gjorts att trots allt beräkna även *Sedum*-andelens bidrag till totalen i moderytorna utifrån koncentrationerna i *P. spurius*.

Totalt näringsupptag beräknas för Elnaryd och Lagan som skillnaden mellan näringsinnehållet vid sista provtagningen (tillfälle 4) jämfört med första (tillfälle 1). För Tutaryd, där klippet förts bort, beräknas upptaget som summan av skillnaden mellan första och sista gången och den näring som förts bort med klippet.

2.3.2 Spurway-analyser

Vid första och sista provtagningstillfället samlades substrat in från samma rutor där växtmaterialet redan samlats in. Den stomme som mattorna utgörs av och som substratet vilar i medförde svårigheter att samla in substrat. Så mycket material som möjligt lossades i varje ruta från stommen och ambitionen var att få med material från hela djupet. Detta gjordes på samma sätt i såväl batcher som moderytor. Proverna skickades till Eurofins för Spurway-analys inklusive bestämning av pH och ledningstal (Lt).

2.3.3 Växtsaftsanalyser

I samband med insamlingarna till växtanalyserna vid tillfälle 2-4 samlades även material av *S. album* till växtsaftsanalyserna in. Detta gjordes i nära anslutning till de tre rutorna samt vid ytterligare en fjärde slumpvis utvald punkt i varje batch. Alla insamlingar till växtsaftsanalyser, vid samtliga tillfällen och i alla batcher, skedde med start mellan klockan 11.30 och 12.30 och avslutades senast 13.00.

Efter ett till två dygn i kyl analyserades materialet. Från varje prov pressades den yttersta delen (cirka 2 cm) av 10-15 skott med hjälp av vitlökspress till ett växtsaftsprov. Detta upprepades tills tre replikat från varje provpunkt, det vill säga totalt tolv växtsaftsprov per batch, hade pressats. Koncentrationen av nitrat- (NO_3^-) och kaliumjoner (K^+) i växtsaften mättes med hjälp av Horibas analysinstrument LAQUAtwin B-741 respektive B-731. Förhållandet NO_3^-/K^+ bestämdes.

Vid provtagningstillfälle 2 kontrollerades instrumentens noggrannhet, genom att mätning av samma växtsaftsprov upprepades fyra gånger i vardera mätare. Inför det tredje provtagningstillfället byttes mät huvudet i nitratmätaren, det gamla och det nya mät huvudet jämfördes då genom att samma växtsaftsprov mättes fyra gånger med vardera mät huvud. Resultaten av dessa kontrollmätningar presenteras i tabell 7. Mät noggrannheten för båda mätarna var 10ppm i intervallet 100-990ppm och 100ppm i intervallet 1000-9900ppm.

Tabell 7. Test av instrumentens noggrannhet genomfört vid provtagningstillfälle 2, samt en jämförelse mellan de båda mät huvudena genomförd vid provtagningstillfälle 3.

Mätning	Test av instrument		Jämförelse av mät huvuden	
	NO ₃ ⁻ (ppm) gammalt huvud	K ⁺ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm) gammalt huvud	NO ₃ ⁻ (ppm) nytt huvud
i	1100	590	470	600
ii	1200	600	510	610
iii	1300	580	540	620
iv	1300	580	560	630
Medelvärde	1225	587,5	520	615
Standardavvikelse	95,7	9,57	39,2	12,91

2.4 Statistik

Minitab 18 har använts för statistisk behandling av data. ANOVA tvåvägs variansanalys har använts för att jämföra färskvikt, koncentrationer och totalt näringsinnehåll per areaenhet mellan batcher och provtagningstillfällen. Eftersom batcherna inte behandlats likadant har även ANOVA envägs variansanalys använts inom respektive plats för jämförelser mellan provtagningstillfällena. Tukey's test har använts för att se skillnader i koncentrationer mellan de olika tillfällena.

Pearson's korrelationstest har använts för att avgöra om det fanns någon signifikant korrelation mellan innehåll i växtvävnadsanalyser och växtsaftanalyser, samt mellan innehåll i substrat och växt.

T-test har använts för att jämföra substratets egenskaper vid två olika tillfällen samt mellan batcher och moderytor. I dessa fall har värden från samtliga batcher (respektive moderytor) jämförts, eftersom dessa tester endast gjordes vid första och sista tillfället då alla batcher var gödslade lika.

Alla tester har gjorts med signifikansnivån $p < 0,05$.

3. Resultat

3.1 Totalvikt, artfördelning och visuell status

3.1.1 Batcher

Vid första provtagningstillfället var marktäckningsgraden mycket låg i samtliga batcher och växterna, framför allt *S. album*, var kraftigt rödfärgade i en mörk ton. Färgen var något mindre utmärkande vid andra tillfället, då växtmassan hade börjat skifta i grönt. Under de tre veckor som gick mellan andra och tredje tillfället skedde en mycket kraftig tillväxt och ingen rödfärgning kvarstod denna gång. Plantorna hade en friskt grön ton som bara undantagsvis skiftade i rött och merparten av *S. album* i samtliga batcher och *S. acre* i Elnaryd hade gått upp i knopp och i vissa fall börjat blomma. Vid fjärde tillfället var statusen snarlik tredje tillfället. I Elnaryd stod *S. album* i full blom. Klippningen i Tutaryd och Lagan hade hämrat blomningen något, men inga visuella tecken på näringsbrist kunde upptäckas. Representativa bilder från de fyra tillfällena syns i figur 2.



Figur 2. *S. album* vid provtagningstillfälle 1 (uppe t.v.), 2 (uppe t.h.), 3 (nere t.v.) och 4 (nere t.h.). Foto: Camilla Oskarsson

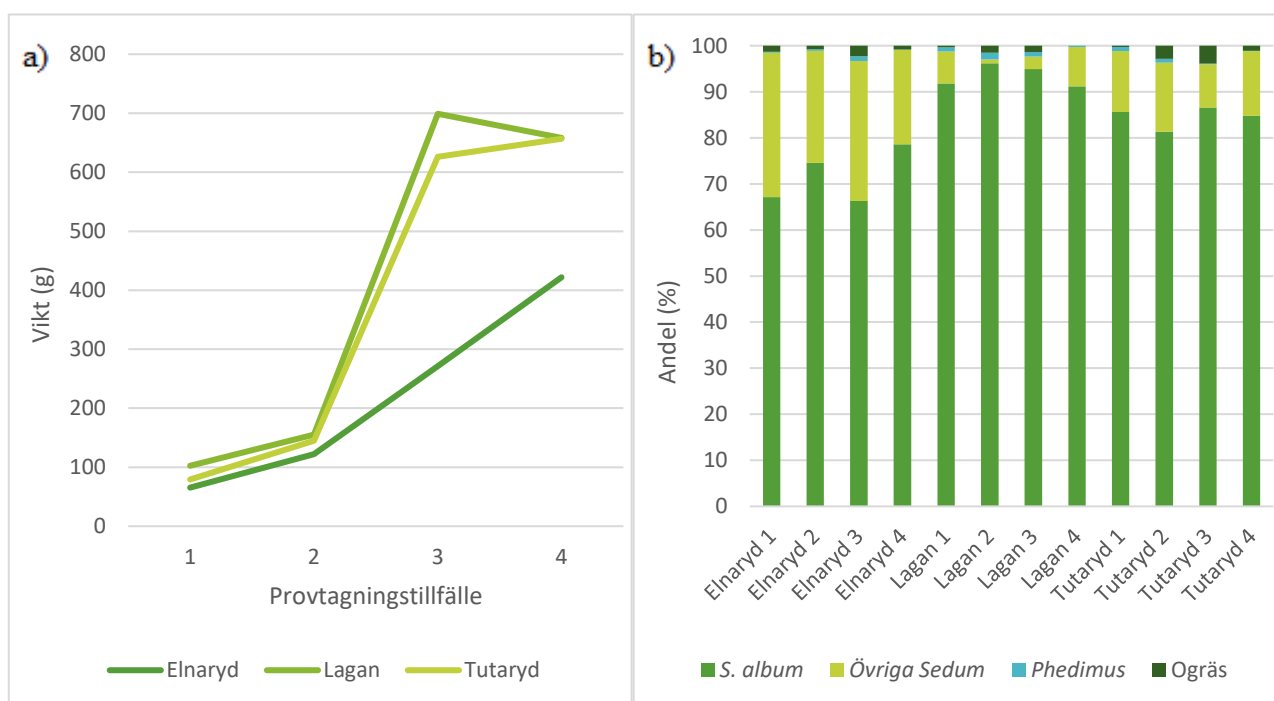
Total färskvikt per provtagningsyta (0,25 m²) varierade kraftigt mellan batcherna och provtagningstillfällena, där det lägsta medelvärdet var 65,4 g för Elnaryd provtagning 1 och det högsta, för Lagan provtagning 3, var mer än tio gånger så stort, 699 g. Elnaryd hade genomgående sämre tillväxt och hade totalt sett över de fyra provtagningarna signifikant lägre färskvikt än de övriga båda orterna (p=0,001), vilket också överensstämmer med det visuella intrycket av att täckningsgraden var lägst i denna batch. Även Lagan hade relativt låg täckningsgrad, trots att den största massan fanns där. Resultaten av tvåvägs variansanalyser för färskvikt, koncentrationer och näringsinnehåll syns i tabell 8.

Tabell 8. Resultat av tvåvägs variansanalys med test av interaktion plats*tillfälle för batcherna.

		Plats	Tillfälle	Plats*Tillfälle
Färskvikt (totalt per areaenhet)		**	***	ns
Koncentration	N	**	***	*
	P	***	***	***
	K	***	***	ns
	Mg	***	***	ns
	Ca	***	***	***
	S	ns	***	ns
	Na	ns	*	-
	Mn	ns	***	***
	B	***	***	*
	Cu	ns	***	ns
	Fe	ns	***	**
	Zn	***	***	ns
	Mo	***	**	*
	Al	ns	***	**
	N/P	***	***	ns
	N/K	***	***	*
	K/P	***	***	ns
Näringsinnehåll (totalt per areaenhet)	N	ns	***	ns
	P	***	***	ns
	K	***	***	ns
	Mg	***	***	*
	Ca	**	***	ns
	S	**	***	*
	Na	ns	***	-
	Mn	ns	***	ns
	B	***	***	*
	Cu	*	***	ns
	Fe	ns	***	ns
	Zn	**	***	ns
	Mo	***	***	ns
	Al	ns	***	ns

ns = ingen signifikans, p>0,05, * = 0,05>p>0,01, ** = 0,01>p>0,001, *** = p<0,001, - = saknade data omöjliggör test av interaktion

Totalt sett fanns signifikant mer material i samtliga batcher vid de två sista tillfällena, jämfört med de två första ($p < 0,001$). Det fanns ingen interaktion mellan plats och tid, det vill säga batcherna varierade på liknande sätt över tiden (tabell 8). Fullständiga data inklusive spridningsmått återfinns i tabell A1 i Appendix 1. I figur 3 presenteras utvecklingen av totalvikten från första till sista provtagningstillfället samt andelarna av vardera kategori. Andelen *S. album*, sammantaget över de fyra provtagningarna, skiljde sig signifikant åt mellan batcherna, där Lagan hade den högsta andelen *S. album* och Elnaryd den lägsta ($p < 0,001$).



Figur 3. Total ovanjordisk massa per 0,25m² i batcherna vid de fyra olika provtagningstillfällena (a) och andel av vardera kategori: *S. album*, övriga *Sedum*-arter, *Phedimus*-arter och ogräs, angivna som procent av totalvikten (b). Alla värden presenteras som ett medelvärde av tre observationer.

3.1.1.1 Klipp

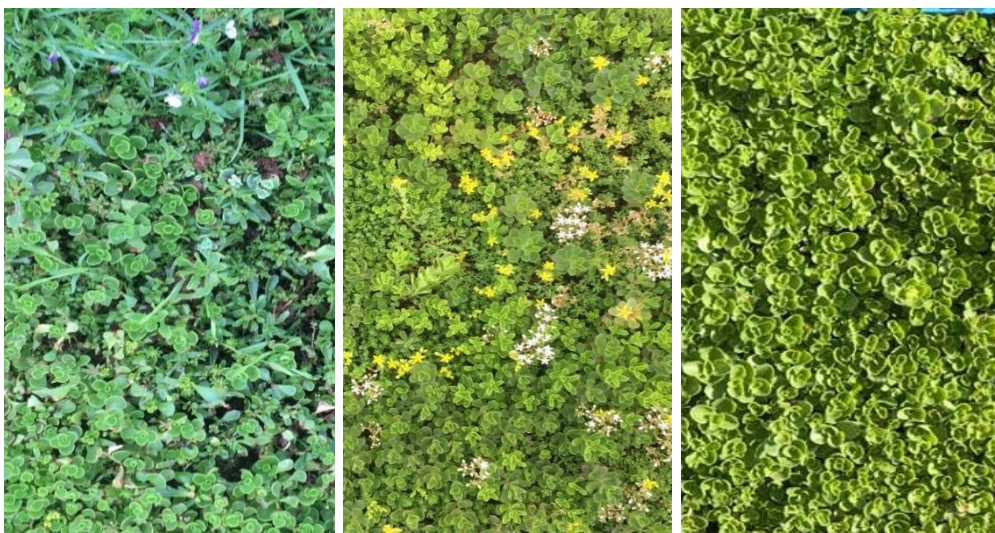
I Elnaryd utgjorde klippet vid tredje provtagningstillfället i genomsnitt 17% av den totala växtmassan i rutan, för Lagan och Tutaryd var motsvarande siffror 15% respektive 11%. Hur de olika kategorierna av arter fördelade sig på rest och klipp framgår av figur 4.



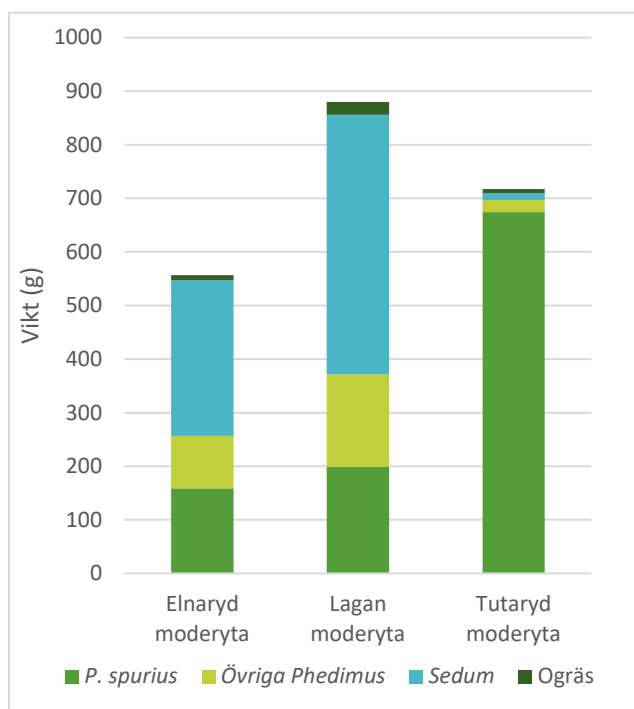
Figur 4. Viktfördelning per 0,25m² mellan rest och klipp för de olika artkategorierna i de olika batcherna vid tredje provtagningstillfället. Alla värden presenteras som medelvärde av tre observationer.

3.1.2 Moderytor

Den totala växtmassan per provruta skiljde sig inte signifikant mellan moderytorna, men artsammansättningen varierade kraftigt. I Tutaryd var *P. spurius* totalt dominerande, till skillnad från i de andra båda moderytorna. Med ett medelvärde på 94% var andelen *P. spurius* här signifikant högre än i de andra båda moderytorna ($p=0,001$). Figur 5 ger en visuell bild av de tre ytorna. Totalvikt och artfördelning framgår av figur 6, medan fullständiga data inklusive spridningsmått finns i tabell A2 i Appendix 1.



Figur 5. Exempel på hur det såg ut i moderytorna i ordning från vänster till höger: Elnaryd, Lagan och Tutaryd. Foto: Camilla Oskarsson.



Figur 6. Total ovanjordisk massa per 0,25m² i moderytorna vid provtagningstillfälle 4, samt fördelning mellan kategorierna *P. spurius*, övriga *Phedimus*-arter, *Sedum*-arter och ogräs. Alla värden presenteras som ett medelvärde av tre observationer.

3.2 Växtanalyser

3.2.1 Näringskoncentrationer i ovanjordiska växtdelar

Koncentrationen av några makro- (tabell 9) och mikronäringsämnen samt spårämnen (tabell 10) i *S. album* förändrades signifikant mellan provtagningstillfällena i någon eller samtliga batcher. Kvävehalten ökade exempelvis signifikant mellan första och andra provtagningstillfället på alla orter, men ökningen var större på de orter (Elnaryd och Tutaryd) som fått en andra omgång gödsel innan denna provtagning. I såväl Lagan som Tutaryd syntes en liten nedgång i kvävehalt vid sista tillfället. Fosforkoncentrationen hade en avtagande trend och var som störst vid första eller andra tillfället på alla platser, medan K följde ett omvänt mönster och fanns i signifikant lägre halter vid första tillfället. För övriga såväl makro- som mikronäringsämnen fanns inga utmärkande tendenser, men de flesta hade överlag en uppåtgående trend jämfört med första provtagningen. Zink och Molybden stämde dock inte in på detta, utan hade oförändrade eller avtagande nivåer under försökets gång. Kalciumhalterna var generellt höga på alla platser och översteg i samtliga fall antingen halten av N eller K eller både och. Nivåerna av såväl Fe som Al var anmärkningsvärt höga i alla batcher.

Koncentrationen av näringsämnen i *P. spurius* som analyserades enbart vid sista tillfället finns presenterade i tabell 11. Samtliga data som presenteras i tabell 9-11 avser koncentrationen i material torkat vid 65°C. Motsvarande siffror för 130°C presenteras i tabell A3-A4 i Appendix 1.

Tabell 9. Koncentrationer av makronäringsämnen och TS-halt vid 65°C i de ovanjordiska växtdelarna av *S. album* från batcherna. Alla data presenteras som medelvärde av tre observationer $\pm$ standardavvikelse. Data i en och samma rad som inte delar samma bokstav är signifikant åtskilda ($P < 0,05$).

		(%)			
Plats		Tillfälle 1	2	3	4
Elmaryd	TS-halt	14,7	9,31	8,06	9,33
	N	1,5 $\pm$ 0,2 b	3,0 $\pm$ 0,3 a	3,2 $\pm$ 0,3 a	3,1 $\pm$ 0,4 a
	P	0,18 $\pm$ 0,03 b	0,24 $\pm$ 0,02 a	0,19 $\pm$ 0,02 ab	0,20 $\pm$ 0,00 ab
	K	1,3 $\pm$ 0,1 b	1,8 $\pm$ 0,2 a	2,1 $\pm$ 0,2 a	2,0 $\pm$ 0,1 a
	Mg	0,26 $\pm$ 0,03 b	0,36 $\pm$ 0,02 a	0,39 $\pm$ 0,03 a	0,43 $\pm$ 0,02 a
	Ca	2,5 $\pm$ 0,2 c	3,5 $\pm$ 0,1 b	4,3 $\pm$ 0,2 a	4,1 $\pm$ 0,2 a
	S	0,18 $\pm$ 0,01 b	0,27 $\pm$ 0,02 a	0,27 $\pm$ 0,02 a	0,27 $\pm$ 0,01 a
	Na	0,018 $\pm$ 0,002 b	0,031 $\pm$ 0,007 b	-	0,053 $\pm$ 0,011 a
Lagan	TS-halt	14,2	9,73	6,82	9,37
	N	1,2 $\pm$ 0,0 b	2,5 $\pm$ 0,3 a	2,9 $\pm$ 0,4 a	2,1 $\pm$ 0,6 ab
	P	0,35 $\pm$ 0,00 a	0,34 $\pm$ 0,03 a	0,29 $\pm$ 0,02 ab	0,24 $\pm$ 0,04 b
	K	1,3 $\pm$ 0,1 b	2,0 $\pm$ 0,2 a	2,4 $\pm$ 0,3 a	2,0 $\pm$ 0,2 a
	Mg	0,24 $\pm$ 0,03 b	0,45 $\pm$ 0,11 a	0,31 $\pm$ 0,04 ab	0,30 $\pm$ 0,05 ab
	Ca	2,3 $\pm$ 0,1 c	3,6 $\pm$ 0,1 b	4,6 $\pm$ 0,2 a	4,0 $\pm$ 0,2 b
	S	0,17 $\pm$ 0,01 b	0,28 $\pm$ 0,02 a	0,35 $\pm$ 0,05 a	0,26 $\pm$ 0,05 ab
	Na	0,021 $\pm$ 0,002 a	0,045 $\pm$ 0,016 a	-	0,022 $\pm$ 0,004 a
Tutaryd	TS-halt	11,5	9,63	6,87	8,47
	N	1,1 $\pm$ 0,2 c	3,7 $\pm$ 0,6 a	2,8 $\pm$ 0,4 ab	2,3 $\pm$ 0,6 bc
	P	0,44 $\pm$ 0,04 a	0,37 $\pm$ 0,04 b	0,27 $\pm$ 0,01 c	0,32 $\pm$ 0,01 bc
	K	2,0 $\pm$ 0,1 b	2,5 $\pm$ 0,3 a	2,6 $\pm$ 0,4 a	2,7 $\pm$ 0,1 a
	Mg	0,36 $\pm$ 0,03 b	0,57 $\pm$ 0,10 a	0,52 $\pm$ 0,02 ab	0,51 $\pm$ 0,06 ab
	Ca	2,2 $\pm$ 0,1 b	3,1 $\pm$ 0,4 a	2,8 $\pm$ 0,0 ² ab	2,5 $\pm$ 0,2 ab
	S	0,20 $\pm$ 0,01 b	0,26 $\pm$ 0,03 ab	0,32 $\pm$ 0,03 a	0,29 $\pm$ 0,05 a
	Na	0,015 $\pm$ 0,001 ¹ a	0,038 $\pm$ 0,022 a	-	0,020 $\pm$ 0,002 a

¹Endast två observationer var över detektionsgränsen och det presenterade värdet är ett medelvärde av dessa.

²En datapunkt saknas, det presenterade värdet är medel av två observationer.

Tabell 10. Koncentrationer av mikronäringsämnen vid 65°C i de ovanjordiska växtdelarna av *S. album* från batcherna. Alla data presenteras som medelvärde av tre observationer $\pm$ standardavvikelse. Data i en och samma rad som inte delar samma bokstav är signifikant åtskilda ($P < 0,05$).

Plats		(µg/g)			
		Tillfälle 1	2	3	4
Elnaryd	Mn	44 $\pm$ 5 c	88 $\pm$ 17 bc	100 $\pm$ 10 ab	140 $\pm$ 30 a
	B	12 $\pm$ 1 c	14 $\pm$ 2 bc	18 $\pm$ 1 a	17 $\pm$ 1 ab
	Cu	5,8 $\pm$ 0,3 b	9,5 $\pm$ 0,9 ab	9,5 $\pm$ 1,3 ab	13 $\pm$ 4 a
	Fe	1100 $\pm$ 100 c	2600 $\pm$ 400 bc	3200 $\pm$ 400 ab	4300 $\pm$ 1100 a
	Zn	17 $\pm$ 1 a	22 $\pm$ 3 a	20 $\pm$ 1 a	22 $\pm$ 4 a
	Mo	1,1 $\pm$ 0,1 a	1,1 $\pm$ 0,1 a	1,0 $\pm$ 0,0 a	1,1 $\pm$ 0,1 a
	Al	1100 $\pm$ 100 b	2200 $\pm$ 200 ab	2100 $\pm$ 400 ab	3100 $\pm$ 800 a
Lagan	Mn	85 $\pm$ 18 ab	130 $\pm$ 30 a	75 $\pm$ 8 b	92 $\pm$ 15 ab
	B	12 $\pm$ 1 b	15 $\pm$ 1 b	22 $\pm$ 0 a	22 $\pm$ 3 a
	Cu	7,8 $\pm$ 0,8 a	15 $\pm$ 7 a	7,7 $\pm$ 1,1 a	14 $\pm$ 2 a
	Fe	2100 $\pm$ 400 ab	4700 $\pm$ 2000 a	1400 $\pm$ 400 b	2100 $\pm$ 600 ab
	Zn	14 $\pm$ 2 a	22 $\pm$ 2 a	17 $\pm$ 1 a	22 $\pm$ 6 a
	Mo	2,3 $\pm$ 0,2 ab	2,5 $\pm$ 0,4 a	2,1 $\pm$ 0,3 ab	1,6 $\pm$ 0,3 b
	Al	1900 $\pm$ 400 ab	3300 $\pm$ 1200 a	1100 $\pm$ 200 b	1800 $\pm$ 300 ab
Tutaryd	Mn	62 $\pm$ 7 c	120 $\pm$ 20 ab	76 $\pm$ 11 bc	130 $\pm$ 20 a
	B	14 $\pm$ 1 c	19 $\pm$ 2 bc	23 $\pm$ 2 ab	25 $\pm$ 2 a
	Cu	8,4 $\pm$ 0,3 b	14 $\pm$ 3 a	9,1 $\pm$ 0,5 b	12 $\pm$ 1 ab
	Fe	1100 $\pm$ 200 b	3900 $\pm$ 1800 a	1200 $\pm$ 200 b	2900 $\pm$ 700 ab
	Zn	20 $\pm$ 1 b	25 $\pm$ 1 ab	25 $\pm$ 1 ab	27 $\pm$ 4 a
	Mo	1,5 $\pm$ 0,5 a	1,1 $\pm$ 0,2 ab	1,1 $\pm$ 0,1 ab	0,79 $\pm$ 0,14 b
	Al	990 $\pm$ 130 ab	2900 $\pm$ 1400 a	830 $\pm$ 180 b	1800 $\pm$ 500 ab

Förhållandena mellan N, P och K, baserat på koncentrationerna i *S. album* respektive *P. spurius*, framgår av tabell 12. För N/K fanns en interaktion mellan tid och plats, med $p < 0,05$ (tabell 8), för övriga ingen interaktion. Såväl platser som tidpunkter skiljde sig signifikant åt och kvoterna ökade från första provtagningen för samtliga kombinationer av dessa tre ämnen.

Tabell 11. Koncentrationer av makro- och mikronäringsämnen och TS-halt vid 65°C i de ovanjordiska växtdelarna av *P. spurius* från moderytorna. Alla värden presenteras som medelvärde av tre observationer $\pm$ standardavvikelse.

Plats	Elnaryd moderyta	Lagan moderyta	Tutaryd moderyta
Tillfälle	4	4	4
(%)			
TS-halt	8,50	8,68	9,66
(%)			
N	2,5 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,6	2,1 $\pm$ 0,5
P	0,31 $\pm$ 0,01	0,30 $\pm$ 0,06	0,39 $\pm$ 0,02
K	3,1 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,5	3,1 $\pm$ 0,2
Mg	0,29 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,05	0,35 $\pm$ 0,02
Ca	3,7 $\pm$ 0,2	3,1 $\pm$ 0,1	2,4 $\pm$ 0,2
S	0,30 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,08
Na	0,022 $\pm$ 0,001	0,019 $\pm$ 0,001	-
(μ g/g)			
Mn	110 $\pm$ 10	64 $\pm$ 10	120 $\pm$ 30
B	24 $\pm$ 2	18 $\pm$ 3	22 $\pm$ 1
Cu	9,0 $\pm$ 1,3	5,0 $\pm$ 1,6	6,2 $\pm$ 0,9
Fe	440 $\pm$ 130	240 $\pm$ 110	240 $\pm$ 80
Zn	25 $\pm$ 3	24 $\pm$ 9	47 $\pm$ 7
Mo	1,0 $\pm$ 0,2	0,88 $\pm$ 0,31	0,82 $\pm$ 0,14
Al	250 $\pm$ 50	190 $\pm$ 120	170 $\pm$ 70

Tabell 12. Inbördes förhållande mellan koncentrationer av N, P och K i batcher och moderytor. Alla data presenteras som ett medelvärde av tre observationer $\pm$ standardavvikelse.

		<i>S. album</i>			<i>P. spurius</i>		
		Elnaryd	Lagan	Tutaryd	Elnaryd moderyta	Lagan moderyta	Tutaryd moderyta
N:P	1	8,8 $\pm$ 0,5	3,4 $\pm$ 0,0	2,5 $\pm$ 0,6	-	-	-
	2	12 $\pm$ 0,4	7,3 $\pm$ 1,5	10 $\pm$ 1	-	-	-
	3	15 $\pm$ 6	9,9 $\pm$ 0,5	10 $\pm$ 1	-	-	-
	4	16 $\pm$ 2	8,9 $\pm$ 2,8	7,1 $\pm$ 2,0	8,0 $\pm$ 1,2	5,9 $\pm$ 0,8	5,5 $\pm$ 1,0
N:K	1	1,2 $\pm$ 0,0	0,91 $\pm$ 0,06	0,54 $\pm$ 0,10	-	-	-
	2	1,7 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	-	-	-
	3	1,5 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,1	-	-	-
	4	1,6 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,3	0,9 $\pm$ 0,2	0,80 $\pm$ 0,07	0,94 $\pm$ 0,10	0,69 $\pm$ 0,11
K:P	1	7,2 $\pm$ 0,7	3,8 $\pm$ 0,2	4,6 $\pm$ 0,3	-	-	-
	2	7,4 $\pm$ 0,5	5,8 $\pm$ 1,0	6,9 $\pm$ 0,6	-	-	-
	3	11 $\pm$ 1	8,2 $\pm$ 0,8	9,7 $\pm$ 0,3	-	-	-
	4	10 $\pm$ 1	8,2 $\pm$ 0,7	8,3 $\pm$ 0,4	10 $\pm$ 1	6,2 $\pm$ 0,3	7,9 $\pm$ 0,2

3.2.2 Näringsinnehåll och -upptag

Variationen mellan batcherna har varit relativt stor, men tabell 13 och 14 ger en översikt över hur mycket näring som fanns i växtmassan, hur mycket som förs bort vid klippning och hur mycket som tagits upp i växten under de drygt två månader som försöket pågick.

Tabell 13. Innehåll av makronäringsämnen per m² i ovanjordiska växtdelar av *S. album* och totalt för alla arter i de tre batcherna, samt innehåll i klippet vid tillfälle 3 och det totala näringsupptaget (beräknas för Elnaryd och Lagan som skillnad mellan tillfälle 1 och 4, för Tutaryd som summan av skillnaden och innehållet i det bortförda klippet). Data presenteras som medelvärde av tre observationer ± standardavvikelse.

Plats		(g/m ²)					
Art	Ämne	Tillfälle 1	2	3 – totalt	3 – klipp	4	Upptag
Elnaryd							
<i>S. album</i>	N	0,39 ± 0,16	1,0 ± 0,4	1,8 ± 0,1	0,27 ± 0,06	3,8 ± 0,9	3,4
	P	0,044 ± 0,016	0,084 ± 0,035	0,11 ± 0,02	0,016 ± 0,004	0,25 ± 0,08	0,20
	K	0,32 ± 0,14	0,62 ± 0,23	1,2 ± 0,2	0,16 ± 0,05	2,4 ± 0,8	2,1
	Mg	0,066 ± 0,025	0,12 ± 0,04	0,22 ± 0,02	0,027 ± 0,015	0,54 ± 0,21	0,47
	Ca	0,63 ± 0,26	1,2 ± 0,4	2,5 ± 0,4	0,35 ± 0,13	5,1 ± 1,6	4,5
	S	0,045 ± 0,019	0,092 ± 0,035	0,16 ± 0,02	0,022 ± 0,004	0,33 ± 0,10	0,28
	Na	0,0047 ± 0,0025	0,010 ± 0,004	-	-	0,066 ± 0,028	0,062
Totalt	N	0,58 ± 0,26	1,4 ± 0,5	2,7 ± 0,5	0,48 ± 0,15	4,8 ± 0,7	4,2
	P	0,064 ± 0,026	0,11 ± 0,04	0,17 ± 0,03	0,029 ± 0,008	0,31 ± 0,08	0,25
	K	0,48 ± 0,23	0,81 ± 0,28	1,8 ± 0,3	0,28 ± 0,10	3,1 ± 0,8	2,6
	Mg	0,097 ± 0,043	0,16 ± 0,04	0,34 ± 0,07	0,047 ± 0,025	0,68 ± 0,22	0,58
	Ca	0,94 ± 0,45	1,6 ± 0,5	3,7 ± 0,9	0,63 ± 0,27	6,5 ± 1,5	5,6
	S	0,067 ± 0,033	0,12 ± 0,04	0,24 ± 0,03	0,040 ± 0,011	0,42 ± 0,10	0,35
	Na	0,0070 ± 0,0041	0,013 ± 0,004	-	-	0,084 ± 0,030	0,077
Lagan							
<i>S. album</i>	N	0,64 ± 0,09	1,4 ± 0,5	5,1 ± 1,6	0,83 ± 0,39	4,6 ± 0,6	4,0
	P	0,19 ± 0,03	0,20 ± 0,10	0,52 ± 0,16	0,078 ± 0,034	0,55 ± 0,19	0,36
	K	0,70 ± 0,13	1,1 ± 0,5	4,3 ± 1,7	0,59 ± 0,30	4,4 ± 1,5	3,7
	Mg	0,13 ± 0,03	0,25 ± 0,09	0,55 ± 0,19	0,066 ± 0,027	0,67 ± 0,18	0,54
	Ca	1,2 ± 0,18	2,1 ± 0,9	8,4 ± 2,8	1,2 ± 0,5	9,0 ± 1,4	7,8
	S	0,092 ± 0,018	0,16 ± 0,06	0,63 ± 0,23	0,096 ± 0,051	0,57 ± 0,14	0,47
	Na	0,011 ± 0,002	0,025 ± 0,008	-	-	0,048 ± 0,013	0,037
Totalt	N	0,69 ± 0,12	1,4 ± 0,5	5,4 ± 1,7	0,85 ± 0,39	5,0 ± 0,7	4,3
	P	0,20 ± 0,03	0,21 ± 0,10	0,54 ± 0,17	0,080 ± 0,035	0,60 ± 0,22	0,40
	K	0,77 ± 0,16	1,2 ± 0,5	4,5 ± 1,8	0,61 ± 0,30	4,9 ± 1,8	4,1
	Mg	0,14 ± 0,03	0,26 ± 0,09	0,58 ± 0,20	0,068 ± 0,028	0,73 ± 0,20	0,59
	Ca	1,3 ± 0,2	2,2 ± 1,0	8,9 ± 3,0	1,3 ± 0,5	9,9 ± 3,8	8,6
	S	0,10 ± 0,02	0,17 ± 0,06	0,66 ± 0,24	0,098 ± 0,052	0,62 ± 0,16	0,52
	Na	0,012 ± 0,003	0,025 ± 0,008	-	-	0,053 ± 0,015	0,041
Tutaryd							
<i>S. album</i>	N	0,35 ± 0,17	1,7 ± 0,3	4,2 ± 1,3	0,49 ± 0,36	4,1 ± 1,1	4,3
	P	0,13 ± 0,04	0,17 ± 0,01	0,40 ± 0,10	0,047 ± 0,034	0,62 ± 0,23	0,53
	K	0,62 ± 0,21	1,2 ± 0,2	3,9 ± 0,9	0,40 ± 0,29	5,0 ± 1,7	4,8
	Mg	0,11 ± 0,04	0,26 ± 0,04	0,77 ± 0,19	0,082 ± 0,056	0,95 ± 0,31	0,92
	Ca	0,69 ± 0,26	1,4 ± 0,3	4,3 ± 1,3 ²	0,49 ± 0,32	4,8 ± 1,8	4,6
	S	0,062 ± 0,021	0,12 ± 0,02	0,47 ± 0,14	0,056 ± 0,044	0,54 ± 0,17	0,53
	Na	0,0040 ± 0,0025 ¹	0,017 ± 0,010	-	-	0,038 ± 0,013	-
Totalt	N	0,40 ± 0,18	2,1 ± 0,2	4,8 ± 1,2	0,52 ± 0,37	5,0 ± 1,0	5,1
	P	0,16 ± 0,05	0,21 ± 0,01	0,46 ± 0,10	0,050 ± 0,034	0,72 ± 0,19	0,61
	K	0,73 ± 0,25	1,4 ± 0,1	4,5 ± 0,8	0,43 ± 0,29	6,0 ± 1,3	5,7
	Mg	0,13 ± 0,05	0,32 ± 0,09	0,89 ± 0,18	0,088 ± 0,056	1,1 ± 0,2	1,1
	Ca	0,80 ± 0,30	1,8 ± 0,3	3,2 ± 2,9 ²	0,53 ± 0,32	5,6 ± 1,4	5,3
	S	0,073 ± 0,025	0,14 ± 0,02	0,54 ± 0,13	0,062 ± 0,044	0,64 ± 0,13	0,63
	Na	0,0050 ± 0,0026 ¹	0,022 ± 0,015	-	-	0,045 ± 0,009	-

¹Endast två observationer var över detektionsgränsen och det presenterade värdet är ett medelvärde av dessa.

²En datapunkt saknas, det presenterade värdet är medel av två observationer.

Tabell 14. Innehåll av mikronärings- och spårämnen per m² i ovanjordiska växtdelar av *S. album* och totalt för alla arter i de tre batcherna, samt innehåll i klippet vid tillfälle 3 och det totala näringsupptaget (beräknas för Elnaryd och Lagan som skillnad mellan tillfälle 1 och 4, för Tutaryd som summan av skillnaden och innehållet i det bortförda klippet). Data presenteras som medelvärde av tre observationer ± standardavvikelse.

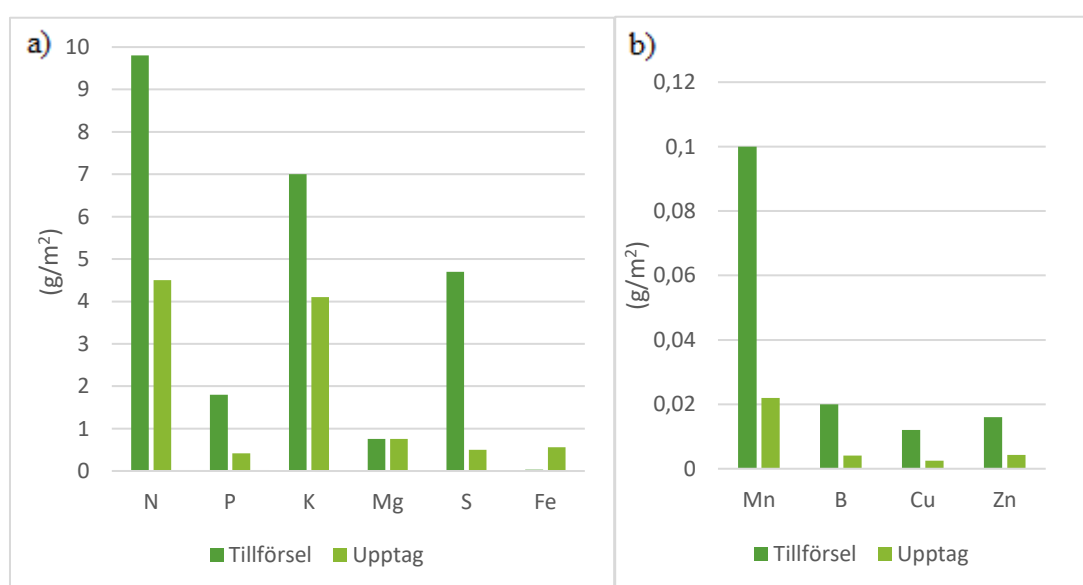
Plats		(mg/m ²)					
Art	Ämne	Tillfälle 1	2	3 – totalt	3 – klipp	4	Upptag
Elnaryd							
<i>S. album</i>	Mn	1,1 ± 0,4	2,9 ± 0,9	5,9 ± 0,6	0,68 ± 0,68	18 ± 10	17
	B	0,30 ± 0,13	0,47 ± 0,20	1,0 ± 0,2	0,14 ± 0,05	2,0 ± 0,6	1,7
	Cu	0,15 ± 0,07	0,33 ± 0,14	0,54 ± 0,01	0,057 ± 0,051	1,8 ± 1,1	1,6
	Fe	28 ± 12	88 ± 29	180 ± 70	1,2 ± 0,6 ¹	570 ± 330	540
	Zn	0,44 ± 0,20	0,74 ± 0,30	1,1 ± 0,1	0,16 ± 0,10	2,8 ± 1,5	2,4
	Mo	0,029 ± 0,015	0,038 ± 0,015	0,058 ± 0,008	0,0083 ± 0,0049	0,14 ± 0,08	0,11
	Al	27 ± 10	73 ± 24	130 ± 0	0,51 ± 0,13 ¹	410 ± 250	380
Totalt	Mn	1,6 ± 0,8	3,9 ± 1,2	8,8 ± 0,9	1,2 ± 1,1	22 ± 11	21
	B	0,44 ± 0,21	0,62 ± 0,25	1,6 ± 0,4	0,26 ± 0,11	2,6 ± 0,5	2,1
	Cu	0,22 ± 0,12	0,43 ± 0,17	0,81 ± 0,11	0,10 ± 0,09	2,2 ± 1,2	2,0
	Fe	42 ± 21	120 ± 40	270 ± 40	2,3 ± 1,4 ¹	710 ± 370	670
	Zn	0,65 ± 0,34	0,97 ± 0,38	1,7 ± 0,3	0,29 ± 0,18	3,5 ± 1,6	2,9
	Mo	0,043 ± 0,026	0,050 ± 0,017	0,088 ± 0,018	0,015 ± 0,009	0,18 ± 0,04	0,14
	Al	40 ± 18	96 ± 29	180 ± 20	0,95 ± 0,40 ¹	520 ± 280	480
Lagan							
<i>S. album</i>	Mn	4,6 ± 1,5	7,4 ± 3,4	13 ± 4	1,1 ± 0,5	20 ± 6	16
	B	0,66 ± 0,12	0,86 ± 0,44	3,9 ± 1,2	0,56 ± 0,20	5,0 ± 2,0	4,3
	Cu	0,42 ± 0,08	0,85 ± 0,36	1,4 ± 0,5	0,13 ± 0,06	3,2 ± 1,0	2,7
	Fe	110 ± 30	260 ± 110	250 ± 110	4,5 ± 1,4	450 ± 110	340
	Zn	0,76 ± 0,18	1,3 ± 0,7	3,0 ± 1,1	0,40 ± 0,19	4,6 ± 0,5	3,8
	Mo	0,12 ± 0,03	0,15 ± 0,08	0,39 ± 0,16	0,058 ± 0,024	0,39 ± 0,23	0,27
	Al	110 ± 30	180 ± 60	200 ± 70	2,7 ± 0,5	390 ± 100	280
Totalt	Mn	5,0 ± 1,8	7,8 ± 3,6	14 ± 4	1,1 ± 0,5	22 ± 7	17
	B	0,71 ± 0,15	0,90 ± 0,46	4,1 ± 1,3	0,58 ± 0,20	5,5 ± 2,2	4,7
	Cu	0,45 ± 0,10	0,88 ± 0,36	1,5 ± 0,5	0,14 ± 0,06	3,5 ± 1,2	3,0
	Fe	120 ± 30	270 ± 110	260 ± 120	4,6 ± 1,4	500 ± 130	380
	Zn	0,83 ± 0,22	1,3 ± 0,7	3,2 ± 1,2	0,42 ± 0,20	5,0 ± 0,7	4,2
	Mo	0,13 ± 0,03	0,15 ± 0,08	0,41 ± 0,17	0,059 ± 0,025	0,43 ± 0,25	0,30
	Al	110 ± 40	190 ± 60	210 ± 70	2,8 ± 0,4	430 ± 110	320
Tutaryd							
<i>S. album</i>	Mn	1,9 ± 0,8	5,3 ± 1,2	12 ± 4	1,1 ± 0,9	25 ± 10	24
	B	0,45 ± 0,15	0,85 ± 0,11	3,5 ± 0,9	0,39 ± 0,27	4,8 ± 1,7	4,7
	Cu	0,26 ± 0,09	0,62 ± 0,13	1,4 ± 0,4	0,11 ± 0,07	2,3 ± 0,9	2,2
	Fe	35 ± 13	180 ± 80	180 ± 70	2,8 ± 1,3	560 ± 290	520
	Zn	0,63 ± 0,23	1,1 ± 0,1	3,7 ± 0,9	0,43 ± 0,29	5,1 ± 1,8	4,8
	Mo	0,045 ± 0,004	0,050 ± 0,010	0,16 ± 0,03	0,014 ± 0,013	0,16 ± 0,08	0,12
	Al	31 ± 10	130 ± 60	130 ± 50	1,3 ± 0,8	350 ± 180	320
Totalt	Mn	2,2 ± 0,9	6,7 ± 2,2	13 ± 4	1,1 ± 0,9	30 ± 9	28
	B	0,52 ± 0,18	1,0 ± 0,1	4,0 ± 0,8	0,42 ± 0,27	5,6 ± 1,3	5,5
	Cu	0,30 ± 0,11	0,78 ± 0,26	1,6 ± 0,3	0,12 ± 0,07	2,7 ± 0,7	2,5
	Fe	41 ± 17	230 ± 130	200 ± 70	3,0 ± 1,2	660 ± 270	620
	Zn	0,74 ± 0,26	1,4 ± 0,2	4,3 ± 0,8	0,46 ± 0,29	6,0 ± 1,4	5,8
	Mo	0,053 ± 0,010	0,063 ± 0,020	0,19 ± 0,03	0,015 ± 0,013	0,18 ± 0,07	0,15
	Al	36 ± 14	170 ± 100	140 ± 50	1,4 ± 0,8	410 ± 170	370

¹Det presenterade värdet är medelvärdet av två observationer då en datapunkt i förekommande fall varit en outlier och plockats bort.

Av tabell 8 framgår att medan platserna skiljer sig åt för några ämnen och inte för andra, så är det signifikant skillnad i näringsinnehåll för alla ämnen mellan de olika tidpunkterna.

Näringsinnehållet i klippet kan ge en fingervisning om hur mycket gödsel som behöver tillföras efter klippning för att kompensera för förlusterna i de fall då klipp förs bort.

Kolumnen med upptag kan jämföras med data i tabell 4 över hur mycket av olika näringsämnen som tillförts under samma period. Såväl tillförsel som upptag i de ovanjordiska växtdelarna för ett antal näringsämnen visas i figur 7. Speciellt kan noteras att upptaget av Mg är precis lika stort som tillförseln. Vad gäller N har ungefär halva mängden av det som tillförts tagits upp i ovanjordiska växtdelar. Framför allt P, svavel (S) och mangan (Mn) har tillförts i betydligt större mängder än vad som tagits upp, medan järn (Fe) tagit upp många gånger mer än vad som tillförts.



Figur 7. Tillförsel och upptag av näringsämnen. Ca saknas på grund av saknade uppgifter om tillförsel. Observera att skalorna är olika i a) och b).

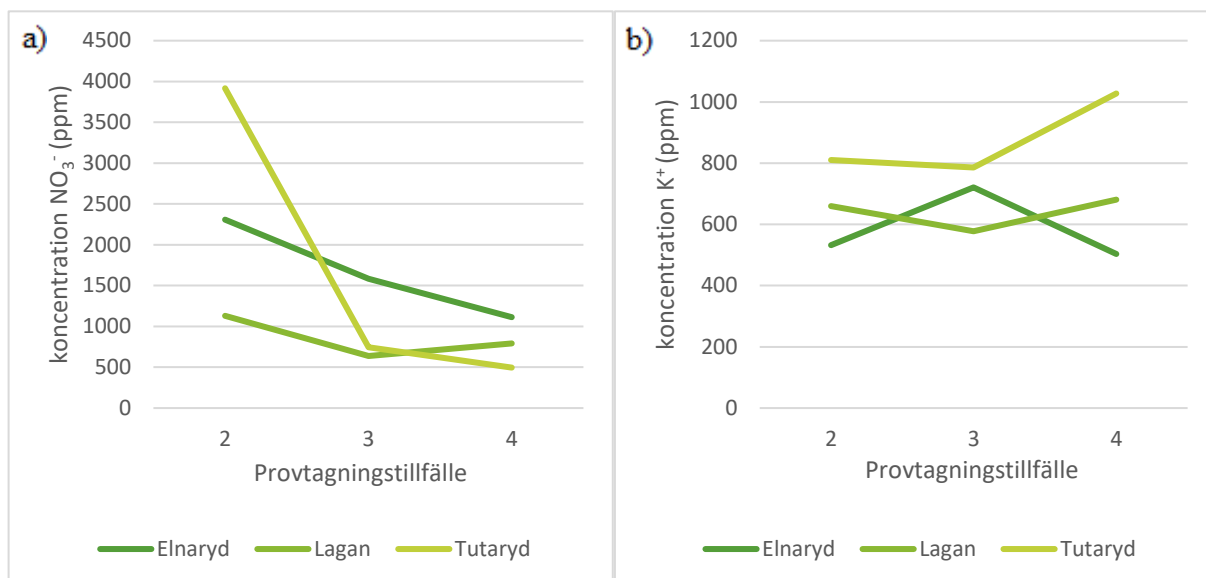
I tabell 15 visas näringsinnehållet i växterna i moderytorna. Det totala innehållet per m² som beräknats utifrån innehållet i *P. spurius* och viktförhållandet mellan olika arter uppvisar generellt ganska små skillnader gentemot det totala innehållet per m² i batcherna. Exempelvis har innehållet av N ett medelvärde på 4,9 g/m² i batcherna och 5,2 g/m² i moderytorna. Såväl P som K ligger också något högre i moderytorna än i batcherna, men eftersom osäkerheten i beräkningarna av totalinnehållet, framförallt i moderytorna men också i batcherna, är så stor så har inga statistiska tester av signifikanta skillnader utförts. Istället konstateras att utifrån de antaganden och beräkningar som gjorts kan utläsas att det totala näringsinnehållet per areaenhet är av samma storleksordning i batcher och moderytor.

Tabell 15. Innehåll av näringsämnen per m² i ovanjordiska växtdelar av *P. spurius* och totalt för alla arter i de tre moderytorna vid fjärde provtagningstillfället. Data presenteras som medelvärde av tre observationer ± standardavvikelse.

Art	Ämne (g/m ²)	Elnaryd moderyta Tillfälle 4	Lagan moderyta 4	Tutaryd moderyta 4
<i>P. spurius</i>	N	1,3 ± 0,4	1,2 ± 0,8	5,6 ± 2,0
	P	0,17 ± 0,08	0,21 ± 0,11	1,0 ± 0,2
	K	1,6 ± 0,6	1,3 ± 0,8	8,0 ± 1,5
	Mg	0,15 ± 0,07	0,15 ± 0,09	0,90 ± 0,15
	Ca	2,0 ± 1,0	2,1 ± 0,9	6,2 ± 0,9
	S	0,16 ± 0,08	0,13 ± 0,07	0,70 ± 0,30
	Na	0,012 ± 0,006	0,013 ± 0,005	-
Totalt	N	4,6 ± 1,2	5,1 ± 1,4	6,0 ± 2,0
	P	0,59 ± 0,22	0,88 ± 0,24	1,1 ± 0,2
	K	5,8 ± 1,9	5,4 ± 1,2	8,5 ± 1,5
	Mg	0,55 ± 0,21	0,61 ± 0,12	0,96 ± 0,14
	Ca	6,9 ± 2,7	9,5 ± 3,3	6,7 ± 0,9
	S	0,56 ± 0,22	0,84 ± 0,30	0,84 ± 0,30
	Na	0,041 ± 0,018	0,060 ± 0,025	-
<i>P. spurius</i>	(mg/m ²)			
	Mn	5,8 ± 3,2	4,4 ± 2,1	29 ± 6
	B	1,2 ± 0,5	1,2 ± 0,6	5,7 ± 0,9
	Cu	0,46 ± 0,19	0,35 ± 0,24	1,6 ± 0,4
	Fe	26 ± 21	18 ± 14	64 ± 30
	Zn	1,3 ± 0,5	1,7 ± 1,3	12 ± 3
	Mo	0,053 ± 0,020	0,063 ± 0,044	0,21 ± 0,05
	Al	14 ± 10	14 ± 14	46 ± 23
Totalt	Mn	20 ± 9	19 ± 7	31 ± 7
	B	4,4 ± 1,7	5,4 ± 1,5	6,1 ± 0,8
	Cu	1,6 ± 0,5	1,4 ± 0,3	1,7 ± 0,4
	Fe	89 ± 60	67 ± 7	68 ± 30
	Zn	4,5 ± 1,3	6,6 ± 1,0	13 ± 3
	Mo	0,19 ± 0,05	0,25 ± 0,04	0,22 ± 0,05
	Al	51 ± 29	49 ± 10	49 ± 24

3.3 Växtsaft

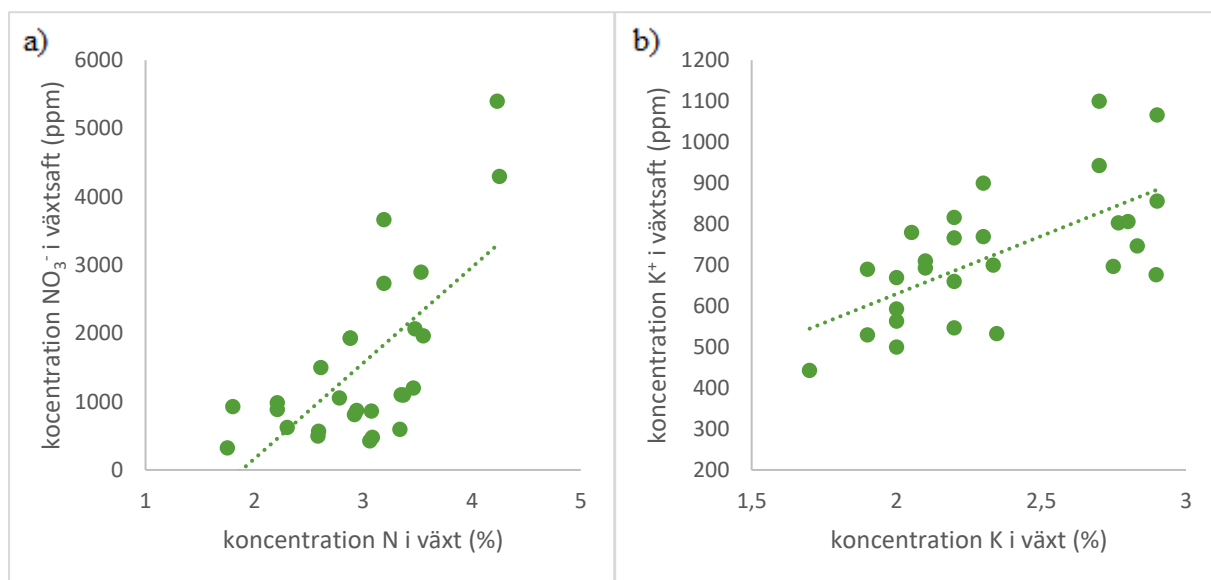
Växtsaftsmätningar utfördes i samband med provtagning 2-4. Vid tillfälle 2 fanns stor variation i nitratkoncentration mellan batcherna. Medan Tutaryd hade ett medelvärde på nästan 4000 ppm låg Lagan bara på drygt 1000 ppm (figur 8). De andra provtagningstillfällena var skillnaderna inte fullt så stora. Vad gäller kalium så var variationen överlag mindre, men medan koncentrationen i Lagan och Tutaryd steg inför sista tillfället så sjönk den istället i Elnaryd, vilket också framgår av figur 8.



Figur 8. Koncentration av NO_3^- (a) och K^+ (b) i växtsaften hos *S. album* i batcherna vid tillfälle 2-4. Datapunkter är medelvärde av totalt tolv mätningar (fyra provpunkter med tre mätningar vid vardera).

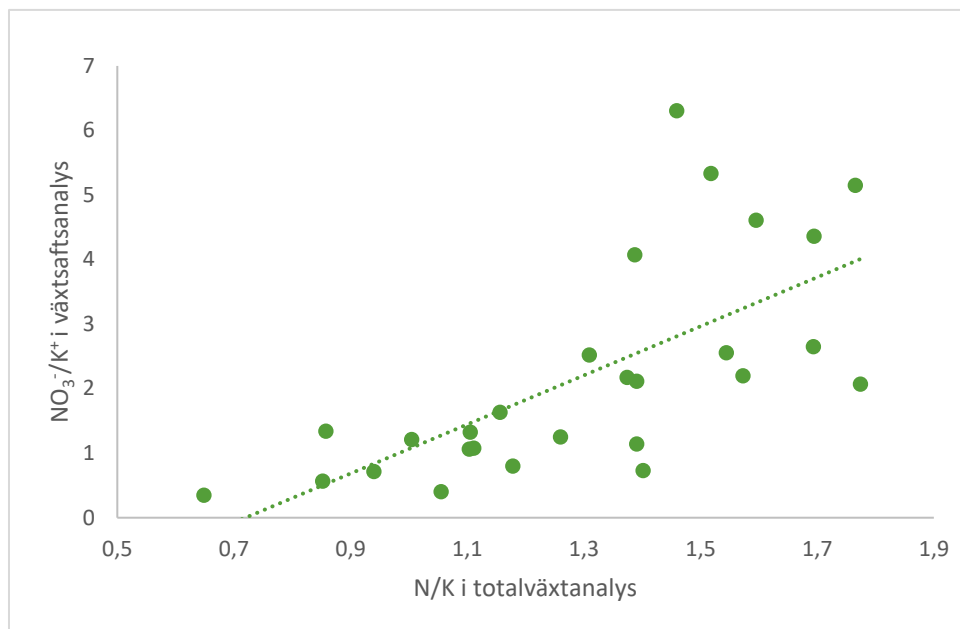
3.3.1 Korrelation mellan totalt näringsinnehåll och innehåll i växtsaft

En tydlig korrelation mellan koncentrationen av NO_3^- respektive K^+ i växtsaften och koncentration av N respektive K i de totala växtanalyserna har kunnat påvisas (figur 9). Pearson's korrelationskoefficient var för N 0,680 och för K 0,647. I båda fallen var $p < 0,001$.



Figur 9. Korrelation mellan NO_3^- i växtsaft och N i växtvävnadsanalys av ovanjordiska växtdelar (a) samt mellan K^+ och K (b).

Även förhållandet NO_3^-/K^+ i växtsaften korrelerar med N/K i totalväxtanalyserna. Pearson's korrelationskoefficient är i detta fall 0,680 och även här är sambandet signifikant med $p < 0,001$ (figur 10).



Figur 10. Korrelation mellan NO_3^-/K^+ och N/K.

3.4 Substrat

Tabell 16 och 17 redovisar resultatet av Spurway-analyserna i batcher respektive moderytor. I batcherna låg pH första gången på ett medelvärde mellan 7,2 och 7,5, medan det vid sista tillfället var signifikant lägre ($p=0,015$), Tutaryd som genomgående var lägst låg då i snitt på 6,5. Ledningstalet uppvisade motsatt mönster och var signifikant högre sista gången ($p=0,001$). Många näringsämnen i substratet var under detektionsgränsen första gången vilket omöjliggör statistiska jämförelser, men alla ämnen som var över detektionsgränsen vid båda tillfällena ökade signifikant mellan mätningarna förutom kalcium (Ca) som inte uppvisade någon skillnad. Vid sista mätningen var alla ämnen utom zink (Zn) över detektionsgränsen.

Moderytorna skiljde sig inte signifikant från batcherna vid provtagning 4 avseende pH, lt, NO_3^- , K, B, Ca, Mg, Mn, Na, Fe, Zn och Al. Möjligen kan en trend anas som tyder på att pH skulle vara något lägre i moderytorna. Koncentrationen av NH_4^+ och S var signifikant lägre i moderytorna ($p=0,024$ och $p=0,03$) medan koncentrationen av P var signifikant högre ($p=0,024$).

3.4.1 Korrelation mellan substratets och växternas näringsinnehåll

För de flesta näringsämnen har det inte gått att se någon korrelation mellan näringsinnehållet i substrat och växt. För K i batcherna fanns ett svagt samband där Pearson's korrelationskoefficient var 0,49 ($p=0,039$). För N och P fanns inga samband och inte heller i moderytorna kunde några samband hittas.

Tabell 16. Spurway-analyser i substratet i batcherna vid två tillfällen. Värden presenteras som medelvärde av tre observationer $\pm$ standardavvikelsen.

	Elnaryd		Lagan		Tutaryd	
	1	4	1	4	1	4
pH	7,5 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,2	7,5 $\pm$ 0,1	7,2 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,1	6,5 $\pm$ 0,5
Lt	0,83 $\pm$ 0,06	2,9 $\pm$ 0,2	0,87 $\pm$ 0,12	2,2 $\pm$ 0,4	0,37 $\pm$ 0,06	0,90 $\pm$ 0,00
(mg/l)						
NO ₃ ⁻	<5	37 $\pm$ 6	<5	15 $\pm$ 6	<5	<5
NH ₄ ⁺	<5	47 $\pm$ 2	<5	18 $\pm$ 8	<5	6,5 $\pm$ 1,7
P	<5	20 $\pm$ 4	<5	15 $\pm$ 12	<5	13 $\pm$ 2
K	72 $\pm$ 19	340 $\pm$ 30	53 $\pm$ 9	270 $\pm$ 70	63 $\pm$ 6	120 $\pm$ 10
S	<10	240 $\pm$ 30	<10	150 $\pm$ 30	<10	74 $\pm$ 16
B	<0,2	1,3 $\pm$ 0,2	<0,2	1,3 $\pm$ 0,5	<0,2	0,43 $\pm$ 0,03
Ca	2100 $\pm$ 200	2100 $\pm$ 300	2100 $\pm$ 100	1900 $\pm$ 100	540 $\pm$ 50	470 $\pm$ 30
Mg	50 $\pm$ 5	90 $\pm$ 6	34 $\pm$ 3	76 $\pm$ 12	100 $\pm$ 20	100 $\pm$ 10
Mn	2,8 $\pm$ 0,2	7,4 $\pm$ 1,4	4,1 $\pm$ 1,2	6,6 $\pm$ 1,2	4,5 $\pm$ 1,1	5,6 $\pm$ 1,0
Na	<10	21 $\pm$ 5	<10	23 $\pm$ 1	<10	11 $\pm$ 1
Fe	<0,5	0,45 $\pm$ 0,13	1,0 $\pm$ 0,4 ¹	0,95 $\pm$ 0,16	39 $\pm$ 42	2,7 $\pm$ 1,2
Zn	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	2,3 $\pm$ 3,4	0,39 $\pm$ 0,05
Al	<0,5	0,79 $\pm$ 0,33	0,75 $\pm$ 0,17 ¹	2,5 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,4	4,5 $\pm$ 1,1

¹Endast två observationer var över detektionsgränsen och det presenterade värdet är ett medelvärde av dessa.

Tabell 17. Spurway-analyser i substratet i moderytorna vid ett tillfälle. Värden presenteras som medelvärde av tre observationer $\pm$ standardavvikelsen.

	Elnaryd moderyta	Lagan moderyta	Tutaryd moderyta
	4	4	4
pH	6,9 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,2	6,2 $\pm$ 0,0
Lt	2,1 $\pm$ 0,7	1,3 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,3
(mg/l)			
NO ₃ ⁻	19 $\pm$ 10	6,6 $\pm$ 0,8 ¹	<5
NH ₄ ⁺	9,1 $\pm$ 3,4	8,6 $\pm$ 1,2	7,5 $\pm$ 1,1
P	23 $\pm$ 3	26 $\pm$ 2	23 $\pm$ 11
K	310 $\pm$ 40	130 $\pm$ 30	130 $\pm$ 20
S	130 $\pm$ 70	29 $\pm$ 16	78 $\pm$ 30
B	1,3 $\pm$ 0,2	0,81 $\pm$ 0,25	0,61 $\pm$ 0,16
Ca	1500 $\pm$ 200	1700 $\pm$ 300	740 $\pm$ 240
Mg	93 $\pm$ 8	60 $\pm$ 6	110 $\pm$ 0
Mn	10 $\pm$ 1	8,1 $\pm$ 5,5	7,7 $\pm$ 2,7
Na	32 $\pm$ 6	18 $\pm$ 5	12 $\pm$ 1
Fe	1,2 $\pm$ 0,2	1,6 $\pm$ 0,8	2,0 $\pm$ 0,3
Zn	0,16 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,11 ¹	0,39 $\pm$ 0,07
Al	2,5 $\pm$ 0,6	2,3 $\pm$ 0,9	3,4 $\pm$ 0,3

4. Diskussion

4.1 Näringsstatus

Att göra en bedömning av aktuell näringsstatus i odlingarna är svårt av flera skäl. I motsats till många av de vanligaste jordbruksgrödorna, vars näringsbehov är väldokumenterade, finns för *Sedum*-växter inga tydliga gränsvärden inom vilka koncentrationerna av de olika näringsämnen bör ligga. Detta medför svårigheter med att tolka resultaten av växtvävnadsanalyserna. Ett sätt vore att jämföra med ett flertal andra grödor och försöka dra några slutsatser utifrån detta, men skillnaden mellan olika grödor är väldigt stor och därför blir ett sådant mer generellt angreppssätt meningslöst. Exempelvis lider morötter inte av kvävebrist förrän nivåerna understiger 1,5% av bladens torrsvikt, medan samma brist hos salladskål uppstår när koncentrationen är <4.5% (Hochmuth et al., 2015). Samtliga uppmätta värden för *Sedum*, i detta projekt såväl som i andra studier, ryms följaktligen inom det koncentrationsspann som för olika grödor innebär god näringsstatus och en generell tolkning blir mycket osäker.

Om analysresultaten sätts i relation till visuell status såväl som till det fåtal tidigare studier som presenterar jämförbara data, så kan ett försök till tolkning göras. Dock är det mycket komplext. Som nämnts tidigare odlas i Veg Techs mattor flera sorter av *S. album*, mellan vilka det naturligt finns en stor färgvariation. Detta medför naturligtvis svårigheter att göra en visuell bedömning av mattornas status. Att skilja mellan bristsymptom och naturlig färgvariation kräver erfarenhet. Vid första provtagningstillfället, när tillväxten efter vintern just hade startat, fanns i samtliga batcher en mycket kraftig rödfärgning. Rödfärgning kan bero på flera olika saker och till exempel vara tecken på brist av P, N eller Mg (Raven et al., 2005). Mest troligt, med tanke på att vävnadsanalyserna inte avslöjat några tydliga mönster för ovanstående ämnen, är ändå att den röda färgen beror på artens naturliga variation. Enligt Snodgrass & Snodgrass (2006) varierar de olika sorternas färger nämligen med årstid. Bladen hos såväl 'Murale' som 'Coral Carpet' blir röda inte bara av stress i form av näringsbrist utan även av kyla, vilket stämmer väl överens med färgförändringen i Veg Techs mattor.

Utöver rödfärgningen hade Veg Tech inför projektets början noterat dålig rotutveckling hos *S. album* och önskade, om det var möjligt utifrån analysvaren, få en förståelse för vad det kunde bero på. Hur rotutvecklingen påverkas av näringstillgången skiljer sig åt mellan olika växtslag. Generellt kan man se en minskad kvot mellan skott och rötter vid näringsbrist, enligt en review av Forde & Lorenzo (2001), men de konstaterar också att sambanden är mycket komplexa. Exempelvis medför K-brist hämmad sidorotsutveckling hos vissa arter, men inte hos andra. För en bättre förståelse för rotutvecklingen i *Sedum*-mattorna skulle specifika försök kring just detta behöva göras.

Noteras bör att alla resonemang kring näringsstatusen helt och hållet utgår från analyserna av *S. album* för batcherna respektive *P. spurius* för moderytorna. Antagandet som gjordes i inledningen av detta arbete om att alla arter inom *Sedum* respektive *Phedimus* skulle ha samma näringskomposition och näringsbehov är sannolikt inte helt relevant, då litteraturstudien visade att det kan skilja mycket mellan olika arter. Framför allt uppstår en stor osäkerhet i beräkningarna av totalt näringsinnehåll per areaenhet i moderytorna, där även *Sedum* har antagits ha samma näringssammansättning som *P. spurius*. För Tutaryd, där *P.*

spurius och övriga *Phedimus* totalt uppgick till 97% spelar det mindre roll, men för Elnaryd och Lagan som hade stora andelar *Sedum* kan detta innebära en felkälla. Starry et al. (2014) undersökte, som ett exempel, några egenskaper hos *S. album* och *P. kamschaticus* och konstaterade att olika *Sedum*-arter bör behandlas separat då de skiljer sig mycket åt. Även Rowe et al. (2006) noterar att olika arter, i det fallet *P. spurius* och *Phedimus middendorffianus*, i en studie om näringsbehov på gröna tak visade sig ha olika krav. Det blir också tydligt i tabell 1, där både *S. album* och *P. spurius* finns representerade, att innehållet av vissa ämnen skiljer sig åt mellan arterna.

4.1.1 Växtanalyser i batcher

4.1.1.1 Kväve

Samtliga batcher hade signifikant lägre N-halter vid första provtagningstillfället, då de var ogödslade, jämfört med senare provtagningar när de hade fått en, två eller tre givor. Med tanke på färgförändringen under vintern och på att kväve är en viktig komponent i klorofyll (Taiz et al., 2015) verkar det sannolikt att kväve också kan ha lagrats i rötterna över vintern och därmed inte syns i analyserna eftersom bara ovanjordiska växtdelar analyserats, men ingen litteratur som stödjer den teorin har kunnat hittas.

Vid sista tillfället kunde en nedgång observeras i Lagan och Tutaryd, möjligen beroende på att de batcherna gödslats betydligt senare än Elnaryd och kanske inte hunnit tillgodogöra sig lika mycket av näringen. Koncentrationerna var genomgående något högre i Elnaryd, men då bör påpekas att växtmassan var klart minst i den batchen och med likvärdigt totalt näringsinnehåll per areaenhet blir därmed koncentrationerna högre. Att det totala näringsinnehållet inte skiljer sig signifikant mellan platserna (tabell 8) trots den stora skillnaden i färskvikt skulle kunna tyda på att plantorna i Lagan och Tutaryd hade kunnat tillgodogöra sig mer N vid en högre tillförsel. I Emilsson et al. (2007) var N-halten även för den högsta gödselnivån (2,1%) å andra sidan lägre än eller likvärdig med resultaten vid provtagning 2-4 (2,1-3,7%), medan de två lägre behandlingarna (1,3-1,4%) var jämförbara med resultatet vid provtagning 1 (1,1-1,5%). Emilsson et al. (2007) fann dock ett signifikant högre näringsläckage från den högsta behandlingen och följaktligen bör tillförseln av N i Veg Techs odlingar kanske hellre minskas något snarare än ökas. Rekommenderade gödselmängder i litteraturen varierar från 6,5 g N/m² (Rowe et al., 2006) till 20 g N/m² (Clark & Zheng, 2014a), där den förstnämnda siffran gällde på installerade tak och den andra i produktion, men lämplig giva beror givetvis även på substratets näringsinnehåll och platsspecifika klimatförutsättningar. Utifrån detta verkar mängden gödsel som tillförs till Veg Techs odlingar i dagsläget (9.8 g N/m² under försöksperioden och cirka 12-18 g N/m² per år) rimliga.

En möjlig strategi i Veg Techs odlingar vore att minska ner eller i vissa fall utesluta givorna med N27. Ytterligare en motivering till det är risken att ett överflöd av N kan gynna ogräset mer än *Sedum*-växterna (Snodgrass & Snodgrass, 2006), då de senare är anpassade till torftiga livsmiljöer (Stephenson, 1994). Framförallt i batchen i Tutaryd har ogräs varit ett problem. Även om andelarna ogräs i figur 3 är lika stora i Elnaryd som i Tutaryd, så beror det på att den totala växtmassan i Elnaryd var mindre. Mängden ogräs var alltså betydligt större i Tutaryd. Framför allt när den typen av problem uppstår kan det vara befogat att prova en minskad kvävegiva. Att minska på N27 snarare än NPK verkar enklast då det inte påverkar tillförseln av de övriga näringsämnen. En minskning bör dock ske med försiktighet, då Clark och

Zheng (2014a) har konstaterat att under 10 g N/m² och år under produktionsfasen medför kraftigt reducerad tillväxt och täckningsgrad.

Vad gäller förhållandet mellan nitrat och ammonium så är det omöjligt att utifrån den forskning som hittills finns uttala sig om vad som vore bäst, då det skiljer för mycket mellan olika släkten och arter och specifika uppgifter om *Sedum* saknas. Så länge mer specifika studier saknas är det troligen klokt att, som i dagsläget, ha en relativt jämn fördelning mellan de båda kväveformerna. För några Bromeliaceae, som också är CAM-växter, har Nievola et al. (2001) visat att nitrat är ineffektivt som enda kvävekälla, men mer effektivt applicerat i kombination med ammonium.

4.1.1.2 Fosfor

Enligt Kirkby & Johnston (2008) ligger de allra flesta växtslag efter torkning normalt på 0,2-0,5% P. Elnaryd låg vid första tillfället ganska lågt, med sitt medelvärde på 0,18 %, medan övriga batcher låg betydligt högre (0,35-0,44%), se tabell 9. Jämfört med P-halterna på 0,51-0,57% i *S. album* i studien av Clark & Zheng (2013a) var P-halterna vid samtliga provtagningstillfällen och i alla batcher, men framför allt i Elnaryd, förhållandevis låga (0,18-0,44). Även vid en jämförelse med de observationer på 0,41-0,46% P som gjorts av Emilsson et al. (2007) ligger analysresultaten för batcherna i underkant.

Under försökets gång snarare sjönk än steg P-halten hos *S. album*, vilket talar för att rödfärgningen i början av säsongen inte hade något med P-brist att göra. Trots att nivåerna ligger något lågt jämfört med tidigare studier verkar det inte föreligga någon bristsituation, möjligen med undantag för Elnaryd, som alltså har lägre koncentration P trots sin betydligt mindre färskvikt. Det totala näringsinnehållet var signifikant lägre i Elnaryd än på övriga orter ($p=0,016$).

Att öka givorna av P medför ökad risk för läckage och bidrag till övergödningen. Redan nu har en förhållandevis låg andel av det P som tillförts tagits upp (figur 7). Visserligen tillkommer upptaget i rötter jämfört med denna figur, som enbart baseras på ovanjordiska växtdelar, men såväl Clark & Zheng (2014a) som Mitchell et al. (2017) menar att P-nivåerna måste vara låga vid installationen av taken. Möjligen skulle man kunna prova att ge mer P inför vintern i de fall då nivåerna är så låga som i Elnaryd, eftersom *S. album* svarat bra på detta (Clark & Zheng, 2012). Den studien gällde visserligen installerade tak, men för att mattorna ska kunna bli leveransklara så tidigt som möjligt året efter är vinterhårdigheten naturligtvis av största vikt även under produktionen. Samtidigt finns kanske en risk att denna åtgärd skulle gynna *S. album* på bekostnad av andra arter.

4.1.1.3 Kalium

K-halten har generellt genom hela projektet legat något lågt (1,3-2,7%), vid en jämförelse med nivåerna i andra studier (tabell 1), där *S. album* låg mellan 3,0 och 3,6% K (Clark & Zheng, 2013a). Särskilt vid första tillfället var värdena lägre än för samtliga av jämförelsevärdena i andra studier, oavsett art och gödselnivåer. Visuella bristsymptom som är typiska för just K-brist, exempelvis klorotiska blad och nekrotiska skottspetsar (Raven et al., 2005), har dock inte observerats.

På samma sätt som för P så har *S. album* svarat bra också på extra tillskott av K inför vintern, men samma dilemma finns även i detta fall: skulle andra arter missgynnas till förmån för *S. album*s utbredning? Om så är fallet, är det ett problem, eller bör förutsättningarna snarare optimeras för *S. album*, som är den dominerande – och därmed ofrånkomligen den viktigaste – arten i odlingarna? Vidare bör försiktighet med extra gödsling iakttas, att koncentrationerna är lägre än i litteraturen betyder inte nödvändigtvis att det föreligger en bristsituation.

4.1.1.4 N/P, N/K och K/P

Kvoterna mellan N, P och K (tabell 12) skiljer sig delvis från vad Emilsson et al. (2007) fann. För N/K är resultaten relativt lika, 0,54-1,7 i detta projekt att jämföra med deras 0,78-0,88. För såväl N/P (2,5-16) som K/P (3,8-11) ligger resultaten högt jämfört med Emilsson et al. (2007) som fann motsvarande 2,8-5,1 för N/P och 3,5-5,9 för K/P. Framför allt beror detta på att Elnaryd sticker ut med sina låga koncentrationer av P. För övriga batcher och för moderytorna är skillnaderna inte riktigt lika stora, men bortsett från provtagning 1 är dessa kvoter högre i samtliga batcher än vad Emilsson et al. (2007) rapporterar.

4.1.1.5 Magnesium

Vid samtliga provtagningstillfällen låg alla batcher på lägre Mg-nivåer (0,24-0,57%) än vad Clark & Zheng (2013a) fann (0,65-0,98%). Dessutom har upptaget mellan första och sista provtagningen i snitt varit lika stor som tillförseln av Mg. Inget annat näringsämne förutom Fe var i närheten av det, vilket skulle kunna tyda på att behovet av Mg inte fullt ut tillgodoses. För Mg, såväl som för P och K, gäller att halterna är lägre än i de studier som finns att jämföra med, men inte så låga att det med säkerhet går att säga att det föreligger en bristsituation. Dessutom kan ett otillräckligt upptag av Mg ha andra orsaker än för låg tillförsel. Exempelvis är förhållandet mellan förekomsten av Mg och andra ämnen som K och Ca avgörande, då samtliga dessa tas upp i form av kationer och därmed konkurrerar med varandra om att tas upp (Fageria, 2001). Detta diskuteras vidare under sektion 4.1.4.2.

4.1.1.6 Kalcium

Till skillnad från många andra ämnen är koncentrationerna av Ca som hittats i *S. album* i batcherna (2,2-4,6%) högre än i studien av Clark & Zheng (2013a) där motsvarande värden var mellan 1,7 och 2,4%, se tabell 9 respektive tabell 1. Jämfört med de generella rekommendationerna för växter i allmänhet (Raven et al., 2005) är även dessa värden mycket höga, då först koncentrationer under 0,5% anses innebära Ca-brist och exempelvis solros anses ha för höga Ca-halter när de överstiger 2,5% (NSA, u.å.). För Crassulaceae är situationen annorlunda, Larcher (2003) rapporterar att arter tillhörande Crassulaceae har en sådan Ca-metabolism att de vanligen innehåller högre halter av Ca än K. Detta stämmer också väl överens med vad som tidigare rapporterats (Lüttge, 2004) om att Crassulaceae har högre Ca-innehåll än många andra växter.

4.1.1.7 Svavel

Koncentrationer mellan 0,17-0,35% S har hittats i batcherna (tabell 9), men dessvärre saknas uppgifter i litteraturen att jämföra med. Sett till de allmänna rekommendationerna enligt Raven et al. (2005) är nivåerna adekvata, då brist uppstår vid värden <0,1%.

4.1.1.8 Mikronärings- och spårämnen

De flesta av mikronäringsämnena ligger på nivåer jämförbara med de som hittats av Clark & Zheng (2013a). Zink (Zn), med koncentrationer från 14 till 27 µg/g, ligger lägre än deras värden på 88-130 µg/g för *S. album*. Enligt Larcher (2003) blir Zn svårtillgängligt vid höga pH, men även vid pH 7,2 i studien av Clark & Zheng (2013a) var Zn-halterna alltså mycket högre än i batcherna, trots jämförbara pH-värden. Som för flera andra ämnen är de värden Clark & Zheng (2013a) rapporterar förhållandevis höga och riktvärdet enligt Raven et al. (2005) är 20 µg/g.

Särskilt utmärkande är Fe-halterna, som är mycket höga i batcherna (tabell 10). Av de uppgifter som hittats i litteraturen är det högsta funna värdet 100 µg/g, medan analysresultaten legat mellan 1100 och 4700 µg/g. Dessutom har mycket höga halter av Al hittats (830-3300 µg/g). Enligt Chenery & Sporne (1976) har de flesta växter en Al-koncentration lägre än 300 µg/g i bladen, medan växter med mer än 1000 µg Al/g i bladen räknas som Al-ackumulatorer. I samma artikel listades alla familjer där denna egenskap hade observerats. Crassulaceae var inte en av dem, men med tanke på att både Al och Fe blir mer tillgängliga i sura jordar, att pH legat över 6,5 vid samtliga mätningar och att halterna av Fe och Al inte var utmärkande höga i substratet, verkar det troligt att *S. album* är en ackumulator av dessa ämnen.

4.1.2 Effekt av klippning och gödsling

Det kan diskuteras huruvida beräkningarna av upptaget borde kompenseras för klippningen även i Lagan och inte bara i Tutaryd. Även om klippet låg kvar i Lagan och ingen näring därmed bortfördes, så kan torkan ha medfört att många skott dog och i så fall blir upptaget inte helt representativt. Snodgrass & Snodgrass (2006) menar att skotten ska klara att rota sig även vid torka, men att föryngringen kan underlättas med hjälp av bevattning. Med tanke på analysresultaten verkar det sannolikt att klippningen har påverkat även i Lagan. Den troligaste förklaringen till att koncentrationen av N minskade något i Lagan och Tutaryd vid sista tillfället är att det beror på klippningen, som skedde efter tillfälle 3. Kväve är ett lättroligt ämne (Raven et al., 2005) och kan lätt röra sig till unga delar av växten, exempelvis skott, där det behövs för tillväxten. Där kan det sedan ha blivit bortklippt, vilket stämmer bra överens med att N-koncentrationen generellt var något högre i klipp än i rest (data ej presenterad). Dessutom steg det totala näringsinnehållet per areaenhet i Elnaryd kraftigt för de flesta ämnen mellan tredje och fjärde provtagningen (tabell 13-14) medan mönstret för Lagan och Tutaryd inte alls är detsamma. Även för färskvikten (figur 3a) kan en effekt av klippningen ses. Elnaryd har totalt sett en mycket lägre färskvikt än de andra batcherna, troligen beroende på den dåliga vattentillgången, men medan tillväxten i Lagan och Tutaryd efter klippning sjönk respektive avstannade något fortsatte den oförändrat Elnaryd. Det verkar därmed tydligt att klippningen hämmar tillväxten och framför allt vad gäller kväve påverkas även koncentrationen.

Gödsling efter klippning har under projektet inte varit konsekvent i de olika batcherna, vilket också varit svårt efter omständigheterna, men om det inte redan finns en tydlig strategi för detta så vore det klokt att utarbeta en sådan. Hur mycket ska tillföras? Hur långt efter klippning? Här kan siffrorna i kolumnen för klipp i tabell 13 och 14 vara vägledande. Tidpunkten behöver kanske variera beroende på om klippet ska ligga kvar i den egna batchen

eller föras bort. I de fall där klippet förs bort – vilket är normalfallet vid mindre extrem väderlek – bör gödsling förmodligen ske omgående efter klippning, eftersom näringsupptaget avstannade i de batcher som blev klippta (se tabell 13-14 samt sektion 4.1.1).

Effekterna av de olika gödselgivorna kan i viss mån följas i växtnäringskoncentrationerna i skotten. Exempelvis vid tillfälle 2, när Elnaryd och Tutaryd hade fått en giva N27 mer än Lagan, så hade Lagan en signifikant lägre N-koncentration än Tutaryd och trenden var att även Elnaryd låg högre än Lagan (tabell 9).

Vid första givan efter vintern ökade koncentrationerna av flertalet näringsämnen i alla batcher signifikant (tabell 9-10). Ingen av de senare gödselgivorna fick lika stark respons om man enbart tittar på koncentrationerna. Om det däremot sätts i relation till tillväxten, så visar det sig att en ökning av näringsinnehållet i växterna per areaenhet (tabell 13 och 14) har skett kontinuerligt under perioden, åtminstone i Elnaryd som inte blivit klippt, vilket innebär att näringsupptaget skett kontinuerligt.

4.1.3 Växtanalyser i moderytor

Vid en jämförelse av näringskoncentrationerna i den torkade växtvävnaden av *P. spurius* med värdena från andra studier (tabell 1), så ligger de flesta ämnen på likvärdiga nivåer.

Magnesium sticker ut då detta ämne fanns i betydligt lägre koncentration i moderytorna än i exempelvis studien av Clark & Zheng (2013a). Fe-nivåerna är höga (240-440µg/g) även i moderytorna, men inte alls lika extremt som i batcherna. Likaså är Al-halterna mycket lägre med 170-250µg/g och därmed under 300µg/g som Chenery & Sporne (1976) menar är det normala för växter i allmänhet. Eftersom batcher och moderytor inte behandlats lika är det lite vanskligt att jämföra, men eftersom skillnaderna är relativt små för de flesta ämnen när batcher och moderytor jämförs verkar det troligt att *P. spurius* inte är ackumulator av Fe och Al medan *S. album* är det.

Moderytan i Elnaryd har fått samma gödselmängd som batcherna, i övrigt har behandlingen av ytorna skilt sig åt och några vidare analyser av resultaten görs därför inte. Istället får dessa värden ses som underlag för företaget inför framtida provtagningar.

4.1.4 Substratet

Halterna av växttillgänglig näring i substratet är av intresse med tanke på att de i tidigare studier (Clark & Zheng 2013b; Clark & Zheng 2014b; Clark & Zheng 2014a) har visat sig ha betydelse för hur plantorna svarat på olika gödselgivor och därmed vilka rekommendationer som lämnats. De värden som finns att jämföra med är halten av nitrat, som i Clark & Zhengs (2014a) studie av produktionsfasen låg på 4 mg/kg. Deras rekommendation den gången landade på 20 g N/m² och år. I en av de studier som förvisso behandlade installerade tak och ej produktion, men som kan vara intressant som jämförelse, fanns hela 283mg/kg. Med hjälp av volymvikten har värdena från tabell 16 räknats om till samma enhet. Vid de flesta mätningar var nitrathalten tyvärr under detektionsgränsen och som mest uppgick den till knappt 37 mg/kg, men det var vid sista provtagningstillfället. Sammantaget kan konstateras att halterna vid försökets start inte var högre än i relevant litteratur och att lägre givor därför inte behöver rekommenderas i Veg Techs odlingar på grund av det.

Dessvärre visade sig metoden för insamling av substrat ha varit mindre lyckad. Nylonstommen gjorde det väldigt svårt att sampla på ett konsekvent sätt och följaktligen har resultaten blivit väldigt varierade. Dessutom har det varit omöjligt att försöka räkna på substratets näringsinnehåll per areaenhet, då det förutsatte att det fanns lika stor substratsvolym per m², vilket i verkligheten visade sig inte vara fallet.

4.1.4.1 Substratets inverkan på artsammansättningen

Trots att *P. spurius* är känd för sin goda tillväxt och konkurrensförmåga (Barker & Lubell, 2012) är täckningen av denna art låg i Veg Techs mattor, jämfört med fetknoppsarterna (Lina Pettersson, Veg Tech, personlig kommunikation 2018-04-06). Eventuellt kan det ha med substratsdjupet att göra. I en studie gjord av Rowe et al. (2012) visade sig substratsdjupet vara avgörande för vilken art som skulle bli dominant. Studien pågick i sju år och omfattade 25 olika arter inom Crassulaceae. Vid 2,5 cm djup dominerade *S. album* tillsammans med *S. acre*, medan *P. spurius* tillsammans med *P. middendorffianus* tog över vid 7.5 cm djup. Substratsdjupet i studien av Barker & Lubell (2012), där proportionerna av *S. album* och *P. spurius* inte förändrades under försökets gång, var drygt 10 cm, vilket skulle kunna förklara varför *S. album* inte tog över, jämfört i Veg Techs mattor där djupet är 3 cm.

En annan tänkbar förklaring till den låga täckningen av *P. spurius* skulle kunna vara pH-värdet och det kan diskuteras huruvida man kanske bör sträva efter att sänka pH i batcherna något. Trots att *Sedum*-arter är tåliga för kalkrika miljöer så är det ingen garant för att de utvecklas som bäst då. Samtidigt har man på Veg Tech medvetet velat hålla uppe pH och därmed använt en kalkrik lera i substratet (Lina Pettersson, Veg Tech, personlig kommunikation 2018-05-28), för att *Sedum*-växterna på grund av sin kalktålighet förväntas konkurrera bättre mot ogräs vid ett något högre pH. Vill man sträva efter att ha in mer av *P. spurius* och övriga fetbladsväxter i batcherna bör pH kanske dock sänkas något, eftersom olika arter har visat sig ha olika pH-optimum (Clark & Zheng, 2013a). Dessvärre framgår inte vilket pH substratet i Barker & Lubells (2012) studie hade, men *P. spurius* har visats vara mycket pH-känslig, särskilt för höga pH, och i studien av Clark & Zheng (2013a) så var torrvikten hela 9,5 gånger större vid pH 6,3 än vid pH 8,3. Optimum för *P. spurius* förelögs till 5,71, jämfört med 6,32 för *S. album*.

På grund av arternas olika krav och optimum bör ett huvudsyfte tydliggöras vid val av strategi – är det att försöka gynna de bredbladiga mer eller snarare att gynna den för produktionen så viktiga *S. album* maximalt? Om målet är att gynna de bredbladiga är en pH-sänkning antagligen en bättre strategi än det tillvägagångssätt med extra tillförsel av P inför vintern som behandlades i sektion 4.1.1.2 och som riskerar att gynna *S. album* på bekostnad av andra arter. Även en pH-sänkning kan bidra till högre P-halter i växterna, då P blir svårtillgängligt vid höga pH. Alternativt skulle man kunna tänka sig en kombination av båda åtgärderna.

4.1.4.2 Kvoter mellan olika ämnen

Förhållandet K/Mg i substratet spelar roll för växtens upptag av dessa båda ämnen och även om Mg-tillgången är god kan upptaget hämmas av för hög K/Mg-kvot (Magnusson et al., 2006). Det är svårt att dra några definitiva slutsatser i detta fall, då kvoten varierat kraftigt mellan provtagningstillfällena och batcher, men tendensen var att kvoten var högre vid sista än första Spurway-analysen (från 0,63-1,6 vid första, till 1,2-3,8 vid sista), vilket tyder på att

mindre K eller mer Mg kanske borde tillföras. Optimalt för K/Mg-kvoten i substrat vid Spurway-analys är 1-2 enligt en rapport från hushållningssällskapet (Magnusson et al., 2006), som visserligen berör ekologisk grönsaksodling men som ändå kan fungera som riktvärde. Med tanke på att koncentrationen av K i växtvävnaden var låg så är reducerad K-tillförsel inte något alternativ. Samtidigt kan det lika gärna vara andra interaktioner som bidrar till att upptaget av Mg varit lågt (se sektion 4.1.1.4). Både Ca och Fe finns i överflöd i växtvävnaderna, vilket tyder på att tillgången är god och därmed verkar det sannolikt att upptaget av något av dessa ämnen kan ha hämmat Mg-upptaget. Ett riktvärde för Ca/Mg-kvoten i substrat är 10 enligt Magnusson et al. (2006) och i Tutaryd där Ca-nivåerna var betydligt lägre än i övriga batcher och Mg-nivåerna tvärtom högre ligger kvoten förvisso en bit under riktvärdet (4,7-5,4), men i övriga batcher är samtliga värden över 20 och det högsta så högt som 62. Följaktligen verkar det troligt att en minskad tillförsel av kalk, utöver att bidra till ett lägre pH-värde, skulle gynna upptaget av Mg.

4.2 Växtsaftsanalyser och korrelationer

Vid provtagning 2, som var första tillfället för växtsaftsanalys, skiljde framför allt Tutaryd ut sig med hög nitratkoncentration och Lagan låg på en klart lägre nivå än de övriga. Det ska återigen noteras att såväl Elnaryd som Tutaryd hade fått en giva N27 bara några dagar innan andra provtagningen medan Lagan ännu inte hade fått det (se sektion 2.2.1), vilket alltså blir extra tydligt i resultaten av växtsaftsanalyserna. Vid tillfälle 3 och 4 var samtliga batcher gödslade likadant, även om Lagan och Tutaryd hade fått NPK en vecka senare och därmed närmre in på provtagning 4 jämfört med Elnaryd. Måhända är det detta som bidragit till att koncentrationen av K^+ avtar i Elnaryd mellan tredje och fjärde gången medan den ökar för såväl Lagan som Tutaryd.

Att tydliga korrelationer kunde påvisas mellan koncentrationerna i de totala växtvävnadsanalyserna och i växtsaftsanalyserna är mycket lovande och bör kunna vara till nytta för Veg Tech. Det innebär nämligen att enkla växtsaftsanalyser skulle kunna utföras regelbundet och fungera som pålitliga indikatorer vid fortlöpande kontroller av näringsstatusen i odlingarna. Efter hand som en bredare kunskapsbank byggs upp kan detta utvecklas till ett smidigt och ekonomiskt fördelaktigt verktyg för att kunna behovsanpassa gödslingen på ett annat sätt än vad som gjorts hittills.

De data som presenteras för växtsaften är de uppmätta värdena oavsett nytt eller gammalt mät huvud på nitratmätaren. Ingen kompensation för skillnaden mellan huvudena har gjorts vid databehandlingen. Anledningen till detta är att jämförelsen av huvudena inte anses tillförlitlig då de fyra testmätningarna med det gamla huvudet skedde först, därefter med det nya huvudet och för varje mätning steg resultatet mellan 10 och 40 enheter oavsett mät huvud. Därför verkar det troligare att mätvätskan var för dåligt blandad eller möjligen att tiden var en faktor som spelade in, snarare än att det verkligen var någon större skillnad mellan mät huvudena.

4.3 Förslag till framtida försök

Eftersom det finns stor variation i litteraturen gällande näringsbehov i *Sedum*-mattor och det därmed är svårt att tolka analysresultaten, så vore det intressant att genomföra vissa tester.

Exempelvis har nästan alla försök i litteraturen fokuserat på CRF. Om det är som Lubell et al. (2013) menar, att det största behovet finns på våren och att CRF därmed inte levererar tillräckligt snabbt tidigt på säsongen, skulle det förvisso kunna vara berättigat att – som i dagsläget – använda konventionella gödselmedel i produktion och CRF på installerade tak. Å andra sidan tyder analysresultaten på att det funnits ett någorlunda jämnt näringsupptag under projektets gång (tabell 13 och 14) vilket stämmer dåligt med teorin om ett mycket större upptag på våren. Därför skulle det vara intressant att på en provyta gödsla med CRF för att kunna jämföra. Inga ekonomiska aspekter av ett eventuellt byte av gödselmedel har beaktats, en eventuell ökad kostnad måste givetvis tas med i bedömningen. Samtidigt skulle ett antal körslor kunna sparas per säsong och batch genom att använda CRF. Vidare så vore det mycket intressant med en studie av hur mycket läckage nuvarande strategi medför. Om läckaget är högt skulle CRF kunna vara en lösning, men om läckaget visar sig vara lågt så pekar mycket på att nuvarande strategi är ganska gångbar. Det skulle också, oavsett vilken typ av gödselmedel som väljs, vara bra att testa olika givor och jämföra med analyserna i detta projekt, med tanke på att de flesta studier som gjorts rört installerade tak och ej mattor i produktion.

Det är också viktigt att tänka på att eventuella förändringar som görs i produktion kan få konsekvenser för kvaliteten på de installerade taken. Exempelvis kan olika pH-värden ha olika påverkan på innehållet av tungmetaller i avrinningsvattnet från taken (Berndtsson et al., 2006). Barker & Lubell (2012) menar att den gödslingsstrategi som tas fram för produktionen av gröna tak även bör utvärderas för hur den påverkar taken när de väl är installerade. Med andra ord finns det gott om forskning kvar som behöver utföras på området.

5. Slutsatser

Utifrån det fåtal studier som gjorts på området verkar Veg Techs nuvarande gödslingsstrategi vara helt rimlig och koncentrationerna av näringsämnen i växtvävnaderna ligger i de flesta fall i paritet med vad andra funnit. Koncentrationerna av P, K, Mg och Zn var lite lägre jämfört med andra studier, men inte så låga att det går att påvisa någon bristsituation utan att veta var de kritiska koncentrationerna ligger för just *Sedum*. Ca/Mg-kvoten i substratet var överlag mycket hög och kan ha bidragit till att Mg-halterna i växterna var något låga. Fe- och Al-halterna i *S. album* var anmärkningsvärt höga. N-halten i växterna ökade under projektets gång och en minskad N27-giva skulle kunna vara aktuell för att minska risken för läckage och samtidigt minska konkurrensen från ogräs. Andra tänkbara åtgärder för att optimera näringsstatusen skulle kunna vara att sänka pH-värdet något, samt möjligen att ge extra P eller K inför vintern. Ett bredare underlag för att det verkligen råder brist på dessa ämnen skulle dock vara önskvärt innan en extra tillförsel kan rekommenderas. Det vore också ett alternativ att använda CRF för att minimera risken för läckage.

Behovet av vidare forskning på området och av att fortsätta den kartläggning som i och med detta projekt påbörjats är stort. En tydlig positiv korrelation mellan koncentrationerna av N och K i ovanjordiska växtdelar och NO_3^- och K^+ i växtsaften har kunnat konstateras. Detta innebär att Veg Tech med hjälp av växtsaftsmätningar kan fortsätta bygga upp kunskapsbanken angående vad som är optimala näringsnivåer för just *Sedum*-växter och utifrån detta vidareutveckla sin gödslingsstrategi.

6. Referenser

- Arndt, S.K., Wanek, W., Hoch, G., Richter, A. & Popp, M. (2002). Flexibility of nitrogen metabolism in the tropical C3-Crassulacean acid metabolism tree species *Clusia minor*. *Functional Plant Biology*, vol. 29(6), ss. 741-747. DOI: 10.1071/PP01207
- Ashman, M.R. & Puri, G. (2002). *Essential soil science – A clear and concise introduction to soil science*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Bailey, D.A. (1996). Alkalinity, pH, and acidification. I: Reed, D.W. (red), *A grower's guide to water, media and nutrition for greenhouse crops*. Batavia: Ball Publishing, ss. 69-91.
- Barker, K. & Lubell, J.D. (2012). Effects of species proportions and fertility on *Sedum* green roof modules. *HortTechnology*, vol. 22(2), ss. 196-200. Tillgänglig: <http://horttech.ashspublications.org/content/22/2/196.full.pdf+html> [2018-04-24]
- Berndtsson, J.C., Emilsson, T. & Bengtsson, L. (2006). The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Science of the Total Environment*, vol. 355, ss. 48-63. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.02.035
- Boverket (u.å.). En urbaniserad värld. Tillgänglig: <http://sverige2025.boverket.se/en-urbaniserad-varld.html> [2018-04-12]
- Chenery, E.M. & Sporne, K.R. (1976). A note on the evolutionary status of aluminium-accumulators among dicotyledons. *New Phytologist*, vol. 76, ss. 551-554. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1976.tb01491.x
- Clark, C., Adriaens, P. & Talbot, B. (2008). Green roof valuation: A probabilistic economic analysis of environmental benefits. *Environmental Science and Technology*, vol. 42, ss. 2155–2161. DOI: 10.1021/es0706652
- Clark, M.J. & Zheng, Y. (2012). Evaluating fertilizer influence on overwintering survival and growth of *Sedum* species in a fall-installed green roof. *HortScience*, vol. 47(12), ss. 1775-1781. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/47/12/1775.short> [2018-05-18]
- Clark, M.J. & Zheng, Y. (2013a). Optimal growing substrate pH for five *Sedum* species. *HortScience*, vol. 48(4), ss. 448-452. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/48/4/448.short> [2018-05-18]
- Clark, M.J. & Zheng, Y. (2013b). Plant nutrition requirements for an installed *Sedum*-vegetated green roof module system: Effects of fertilizer rate and type on plant growth and leachate nutrient content. *HortScience*, vol. 48(9), ss. 1173-1180. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/48/9/1173.short> [2018-05-18]

- Clark, M.J. & Zheng, Y. (2014a). Effect of fertilizer rate on plant growth and leachate nutrient content during production of *Sedum*-vegetated green roof modules. HortScience, vol. 49(6), ss. 819-826. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/49/6/819> [2018-04-23]
- Clark, M.J. & Zheng, Y. (2014b). Fertilizer rate and type affect *Sedum*-vegetated green roof mat plant performance and leachate nutrient content. HortScience, vol. 49(3), ss. 328-335. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/49/3/328.short> [2018-05-18]
- Clark, M.J. & Zheng, Y. (2014c). Fertilizer rate influences production scheduling of *Sedum*-vegetated green roof mats. Ecological Engineering, vol. 71, ss. 644-650. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.08.006
- Cushman, J.C. (2001). Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments. Plant Physiology, vol. 127(4), ss. 1439-1448. Tillgänglig: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1540176/pdf/hw1439.pdf> [2018-04-27]
- Earth Pledge (2005). Green roofs – Ecological design and construction. Atglen: Schifferbooks.
- Emilsson, T. & Rolf, K. (2005). Comparison of establishment methods for extensive green roofs in southern Sweden. Urban Forestry & Urban Greening, vol. 3(2), ss.103-111. DOI: 10.1016/j.ufug.2004.07.001
- Emilsson, T., Berndtsson, J.C., Mattsson, J.E. & Rolf, K. (2007). Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems. Ecological Engineering, vol. 29, ss. 260-271. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2006.01.001
- Fageria, V.D. (2001). Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition, vol. 24(8), ss. 1269-1290. DOI: 10.1081/PLN-100106981
- FLL [Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (The Landscape Development and Landscaping Research Society)] (2008). Guidelines for the planning, construction, and maintenance of green roofing – green roofing guideline. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, Bonn, Tyskland.
- Forde, B. & Lorenzo, H. (2001). The nutritional control of root development. Plant and Soil, vol. 232, ss. 51-68. DOI: 10.1023/A:1010329902165
- Getter, K.L. & Rowe, D.B. (2006). The role of extensive green roofs in sustainable development. HortScience, vol. 41(5), ss. 1276-1285. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/41/5/1276.full.pdf+html> [2018-04-20]
- Green roofs for healthy cities (2012). Annual green roof industry survey for 2011. Tillgänglig: <http://chesapeakestormwater.net/wp-content/uploads/downloads/2012/05/2012GreenRoofIndustrySurvey.pdf>

[2018-04-20]

Green roofs for healthy cities (2017). 2016 Annual green roof industry survey executive summary. Tillgänglig:
<https://static1.squarespace.com/static/58e3eecf2994ca997dd56381/t/5967869229687ff1cfbb6ada/1499956889472/GreenRoofIndustrySurvey2016ExecutiveSummary.pdf>
[2018-04-20]

Hochmuth, G., Maynard, D., Vavrina, C., Hanlon, E. & Simonne, E. (2015). Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida. I: University of Florida, Nutrient management of vegetable and row crops handbook.

Kirkby, E.A. & Johnston, E. (2008). Soil and fertilizer phosphorus in relation to crop nutrition. I: White, P.J. & Hammond, J.P. (red), The ecophysiology of plant-phosphorus interactions. New York: Springer, ss. 177-223.

Klingeman, B., Campbell, A. & Maxey, R. (2008). Best management practices for pruning landscape trees, shrubs and ground covers. "PB1619-Pruning Landscape Trees, Shrubs and Groundcovers," The university of Tennessee agricultural extension service, 09-0134-PB1619-2/09. Tillgänglig:
http://trace.tennessee.edu/utk_agexgard/48 [2018-06-12]

Larcher, W. (2003). Physiological plant ecology. 4. uppl. Berlin: Springer-Verlag.

Lubell, J.D., Barker, K.J. & Elliot, G.C. (2013). Comparison of organic and synthetic fertilizers for *Sedum* green roof maintenance. Journal of Environmental Horticulture, vol. 31(4), ss. 227-233. Tillgänglig:
<http://www.hrijournal.org/doi/abs/10.24266/07382898.31.4.227?code=hrin-site>
[2018-05-18]

Lüttge, U. (2004). Ecophysiology of Crassulacean acid metabolism (CAM). Annals of Botany, vol. 93(6), ss.629-952. DOI: 10.1093/aob/mch087

Maftoun, M., Rouhani, I. & Bassiri, A. (1980). Effect of nitrate and ammonium nitrogen on the growth and mineral composition of Crassulacean acid metabolism plants. Journal of the American Society for Horticultural Science, vol. 105(3), ss. 460-464.

Magnusson, M., Rölin, Å. & Ögren, E. (2006). Förslag till riktvärden för jord- och plantanalyser i ekologisk grönsaksodling. Hushållningssällskapet Värmland.

Mitchell, M.E., Matter, S.F., Durtsche, R.D. & Buffam, I. (2017). Elevated phosphorus: dynamics during four years of green roof development. Urban Ecosystems, vol. 20(5), ss. 1121-1133. DOI: 10.1007/s11252-017-0664-3

Monterusso, M.A, Rowe, D.B. & Rugh, C.L. (2005). Establishment and persistence of *Sedum* spp. and native taxa for green roof applications. HortScience, vol. 40(2),

ss. 391-396. Tillgänglig:

<http://hortsci.ashspublications.org/content/40/2/391.full.pdf+html> [2018-05-01]

Moritani, S., Yamamoto, T., Andry, H. & Saito, H. (2017). Evapotranspiration and mineral content of *Sedum kamtschaticum* Fischer under saline irrigation. Communications in Soil Science and Plant Analysis, vol. 48(12), ss. 1399-1408. DOI: 10.1080/00103624.2017.1358743

Naturhistoriska riksmuseet (2000). *Sedum* L. fetblad. Tillgänglig:

<http://linnaeus.nrm.se/flora/di/crassula/sedum/welcome.html> [2018-08-18]

Nievola, C.C., Mercier, H. & Majerowicz, N. (2001). Levels of nitrogen assimilation in Bromeliads with different growth habits. Journal of Plant Nutrition, vol. 24(9), ss. 1387-1398. DOI: 10.1081/PLN-100106989

NSA [National Sunflower Association] (u.å.). The sunflower production guide.

Tillgänglig:

http://www.canadasunflower.com/pdf/Sunflower_Production_Guide.pdf

Pereira, P.N., Smith, J.A.C. & Mercier, H. (2017). Nitrate enhancement of CAM activity in two *Kalanchoë* species is associated with increased vacuolar proton transport capacity. Physiologia Plantarum, vol. 160(4), ss. 361-372. DOI: 10.1111/ppl.12578

Raven, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. (2005). Biology of plants. 7. uppl. New York: W.H Freeman and Company.

Retzlaff, B., Gibbs-Alley, J., Swearingin, L., Morgan, S., Jost, V. & Luckett, K. (2009). Fertility options for green roofs. Proceedings of 7th annual greening rooftops for sustainable communities conference, Awards and trade show. Atlanta, USA, 3-5 juni 2009. Tillgänglig:

https://www.researchgate.net/profile/Susan_Morgan5/publication/272415947_FERTILITY_OPTIONS_FOR_GREEN_ROOFS/links/54e3746f0cf2dbf60692b704/FERTILITY-OPTIONS-FOR-GREEN-ROOFS.pdf [2018-05-18]

Rowe, D.B., Monterusso, M.A. & Rugh, C.L. (2006). Assessment of heat-expanded slate and fertility requirements in green roof substrates. HortTechnology, vol. 16(3), ss. 471-477. Tillgänglig:

<http://horttech.ashspublications.org/content/16/3/471.full.pdf+html> [2018-08-05]

Rowe, D.B., Getter, K.L. & Duhrman, A.K. (2012). Effect of green roof media depth on Crassulacean plant succession over seven years. Landscape and Urban Planning, vol. 104, ss. 310-319. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.11.010

Sayed, O.H. (2001). Crassulacean acid metabolism 1975-2000, a check list. Photosynthetica, vol. 39(3), ss. 339-352. DOI: 10.1023/A:1020292623960

- SCB (2013). Världens städer växer allt snabbare.
Tillgänglig: <https://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Artiklar/Varldens-stader-vaxer-allt-snabbare/> [2018-04-11]
- Shaviv, A. (2001). Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy*, vol. 71, ss. 1–49. Tillgänglig: https://www.researchgate.net/profile/A_Shaviv/publication/222697055_Advances_in_controlled-release_fertilizers/links/5a7f60570f7e9be137c7321d/Advances-in-controlled-release-fertilizers.pdf [2018-05-20]
- SMHI (2018a). Gröna tak, fördjupning.
Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/grona-tak-fordjupning-1.116956> [2018-04-20]
- SMHI (2018b). Onsdagen blev varmaste majdagen på över 100 år och nära rekordtidig tropisk natt. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/bloggar/vaderleken-2-3336/onsdagen-blev-varmaste-majdagen-pa-over-100-ar-och-nara-rekordtidig-tropisk-natt-1.135747> [2018-06-13]
- SMHI (2018c). Nederbörden i procent av den normala för föregående månad, maj 2018.
Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/kartor/showImg.php?par=nbdAvvPrevMon> [2018-06-13]
- Snodgrass, E.C. & Snodgrass, L.L. (2006). *Green roof plants*. Portland: Timber Press, Inc.
- Starry, O., Lea-Cox, J.D., Kim, J. & van Iersel, M.W. (2014). Photosynthesis and water use by two *Sedum* species in green roof substrate. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 107, ss. 105-112. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2014.05.014
- Stephenson, R. (1994). *Sedum: Cultivated stonecrops*. Portland: Timber Press, Inc.
- Svensson, S. (u.å.). Stenpartiväxter – fetblad, fetknoppar och kärleksörter. Tillgänglig: <https://www.odla.nu/inspiration/stenpartivaxter-fetblad-fetknoppar-karleksorter> [2018-08-15]
- Swedish Standards Institute (2007). Svensk standard SS-EN 13040:2007. Stockholm: SIS Förlag AB.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M. & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development*. 6. uppl. Sunderland: Sinauer associates, inc.
- Tyler, G. (1996). Soil chemistry and plant distributions in rock habitats of southern Sweden. *Nordic Journal of Botany*, vol. 16(6), ss. 609-635.
- VanWoert, N.D., Rowe, D.B., Andresen, J.A., Rugh, C.L., Fernandez, R.T. & Xiao, L.

(2005). Green roof stormwater retention. Journal of Environmental Quality, vol. 34(3), ss. 1036-1044. DOI: 10.2134/jeq2004.0364

Vetanovetz, R.P. (1996). Tissue analysis and interpretation. I: Reed, D.W. (red), A grower's guide to water, media and nutrition for greenhouse crops. Batavia: Ball Publishing, ss.197-219.

Vinnova (2017). Grönatakhandboken. Tillgänglig:
<http://www.greenroof.nu/sv/events/Documents/GronatakhandbokenVaxbaadd.pdf>
[2018-04-20]

Wikipedia (2015). Fetbladssläktet. Tillgänglig:
<https://sv.wikipedia.org/wiki/Fetbladssl%C3%A4ktet> [2018-08-18]

Appendix 1

Tabell A1. Färskvikter av ovanjordiskt material i de tre batcherna vid de olika provtagningstillfällena. Alla vikter anges som ett medelvärde $\pm$ standardavvikelse av tre observationer.

Prov- tagning	Plats	Total färskvikt per 0,25 m ² (g)	Varav <i>S. album</i> (g)	Varav övrig <i>Sedum</i> (g)	Varav <i>Phedimus</i> (g)	Varav ogräs (g)
1	Elnaryd	65,4 $\pm$ 35,8	43,9 $\pm$ 20,5	20,5 $\pm$ 14,8	0,1 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 1,0
	Lagan	102,5 $\pm$ 16,0	94,1 $\pm$ 11,5	7,1 $\pm$ 3,8	1,0 $\pm$ 0,4	0,3 $\pm$ 0,3
	Tutaryd	79,2 $\pm$ 29,3	67,8 $\pm$ 25,6	10,5 $\pm$ 9,4	0,7 $\pm$ 1,0	0,2 $\pm$ 0,2
2	Elnaryd	122,1 $\pm$ 44,5	93,2 $\pm$ 37,6	27,3 $\pm$ 8,9	0,5 $\pm$ 0,5	1,0 $\pm$ 1,5
	Lagan	155,1 $\pm$ 75,9	149,2 $\pm$ 72,1	1,3 $\pm$ 1,7	2,2 $\pm$ 1,9	2,4 $\pm$ 2,9
	Tutaryd	145,1 $\pm$ 13,0	118,0 $\pm$ 12,3	21,8 $\pm$ 13,9	1,2 $\pm$ 1,0	4,1 $\pm$ 1,4
3	Elnaryd	271,4 $\pm$ 64,3	179,9 $\pm$ 36,7	82,5 $\pm$ 43,4	2,7 $\pm$ 2,7	6,3 $\pm$ 4,1
	Lagan	699,0 $\pm$ 236,0	663,0 $\pm$ 220,0	18,9 $\pm$ 4,0	6,7 $\pm$ 6,4	9,9 $\pm$ 13,0
	Tutaryd	626,3 $\pm$ 142,2	542,6 $\pm$ 147,7	59,1 $\pm$ 24,3	0,4 $\pm$ 0,6	24,2 $\pm$ 17,0
4	Elnaryd	421,9 $\pm$ 90,6	331,5 $\pm$ 95,8	86,6 $\pm$ 11,5	0,3 $\pm$ 0,6	3,5 $\pm$ 6,1
	Lagan	658,0 $\pm$ 212,0	600,0 $\pm$ 186,0	56,2 $\pm$ 28,1	1,8 $\pm$ 3,0	0
	Tutaryd	656,7 $\pm$ 135,9	556,7 $\pm$ 188,0	92,4 $\pm$ 55,7	0,6 $\pm$ 0,5	7,1 $\pm$ 4,3

Tabell A2. Färskvikter av ovanjordiskt material i de tre moderytorna. Alla vikter anges som ett medelvärde $\pm$ standardavvikelse av tre observationer.

Prov- tagning	Plats	Total färskvikt per 0,25 m ² (g)	Varav <i>P. spurius</i> (g)	Varav övrig <i>Phedimus</i> (g)	Varav <i>Sedum</i> (g)	Varav ogräs (g)
4	Eln. moderyta	557,0 $\pm$ 222,0	158,4 $\pm$ 83,1	98,6 $\pm$ 92,2	289,9 $\pm$ 96,6	9,8 $\pm$ 13,6
4	Lag. moderyta	880,0 $\pm$ 276,0	199,1 $\pm$ 93,3	172,3 $\pm$ 64,0	484,0 $\pm$ 385,0	24,2 $\pm$ 42,0
4	Tut. moderyta	717,2 $\pm$ 122,7	674,1 $\pm$ 127,2	23,2 $\pm$ 14,0	12,4 $\pm$ 13,4	7,6 $\pm$ 6,6

Tabell A3. Näringskoncentrationer och ts-halt vid 130°C i ovanjordiska växtdelar i batcherna.

Plats	Elnaryd				Lagan				Tutaryd			
Tillfälle	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
(%)												
TS-halt	13,9	8,85	7,68	9,06	13,3	9,40	6,50	8,61	10,9	9,22	6,46	8,20
(%)												
N	1,6	3,2	3,3	3,2	1,3	2,6	3,0	2,3	1,2	3,9	3,0	2,4
P	0,19	0,26	0,20	0,20	0,37	0,36	0,30	0,26	0,46	0,39	0,29	0,33
K	1,3	1,9	2,2	2,0	1,4	2,0	2,5	2,1	2,1	2,7	2,8	2,8
Mg	0,28	0,38	0,41	0,44	0,25	0,47	0,32	0,33	0,38	0,60	0,55	0,53
Ca	2,6	3,7	4,5	4,2	2,4	3,7	4,9	4,3	2,3	3,3	3,0 ²	2,6
S	0,19	0,28	0,29	0,27	0,18	0,29	0,37	0,28	0,21	0,27	0,34	0,30
Na	0,019	0,032	0,025 ¹	0,055	0,022	0,047	-	0,024	0,016 ²	0,039	-	0,021
(µg/g)												
Mn	46	93	110	140	90	130	79	100	65	120	81	140
B	12	14	19	17	13	15	23	24	15	20	25	26
Cu	6,2	10	9,9	14	8,3	16	8,1	15	8,9	14	9,7	13
Fe	1200	2800	3300	4400	2200	4900	1500	2300	1200	4100	1300	3000
Zn	18	23	21	22	15	22	17	23	22	26	27	28
Mo	1,1	1,2	1,1	1,2	2,4	2,6	2,3	1,8	1,7	1,2	1,2	0,82
Al	1100	2300	2200	3200	2100	3400	1200	1900	1100	3000	880	1900

Tabell A4. Näringskoncentrationer och ts-halt vid 130°C i ovanjordiska växtdelar i moderytorna.

Plats	Elnaryd moderyta	Lagan moderyta	Tutaryd moderyta
Tillfälle	4	4	4
(%)			
TS-halt	8,11	8,20	9,23
(%)			
N	2,7	1,9	2,2
P	0,33	0,31	0,41
K	3,3	2,0	3,2
Mg	0,30	0,22	0,36
Ca	3,8	3,3	2,5
S	0,31	0,20	0,31
Na	0,023	0,020	-
(µg/g)			
Mn	110	68	120
B	25	19	23
Cu	9,4	5,3	6,5
Fe	460	260	250
Zn	26	25	50
Mo	1,1	0,93	0,85
Al	270	200	180