Effekter av rötning och vattenbad på frön och vegetativa växtdelar

Studier av skräppa, rölleka och parkslide

Elin Eliasson

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för växtproduktionsekologi
Agronomprogrammet Mark och växt
Uppsala 2026

Effekter av rötning och vattenbad på frön och vegetativa växtdelar – studier av skräppa, rölleka och parkslide

Effects of anaerobic digestion and waterbath on seeds and vegetative plant parts – studies of dock, yarrow and Japanese knotweed

Elin Eliasson

Handledare:	**Anneli Lundkvist, SLU, institutionen för växtproduktionsekologi**
Bitr. handledare:	Theo Verwijst, SLU, institutionen för växtproduktionsekologi
Bitr. handledare:	Anna Schnürer, SLU, institutionen för molekylära vetenskaper
Examinator:	Robert Glinwood, SLU, institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå A2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i biologi för agronomer
Kurskod:	EX 1026
Program/utbildning:	Agronomprogrammet mark och växt
Kursansvarig inst.:	Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2026
Omslagsbild:	Parkslide som växer vid ett hus i Kalmar. Foto: Mattias Gustafsson
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Nyckelord:	*Achillea millefolium*, anaerob nedbrytning, biogasproduktion, biogödsel, *Fallopia japonica,* groningstest, invasiva växtarter, ogräs, parkslide, *Reynoutria Japonica, Rumex spp.*, rölleka, rötrest, skräppa, tetrazolium, vattenbad

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för växtproduktionsekologi

Sammanfattning

Biogas bildas när organiskt material bryts ner av mikroorganismer under syrefria (anaeroba) förhållanden. Denna process kallas rötning och utöver biogas, som kan användas som en energikälla, bildas en rötrest som är rik på växtnäringsämnen och kan användas som gödningsmedel. Det substrat som ofta används i biogasanläggningar utgörs ofta av matavfall, restprodukter från livsmedelsindustrin, avloppsslam, stallgödsel och växtbiomassa. Sedan den 1 januari 2024 är det lagstadgat att sortera ut bioavfall från hushåll, vilket möjliggör behandling av detta avfall i biogasanläggningar. Rötrest är ett organiskt gödselmedel där en stor andel av kvävet förekommer som ammoninumkväve, en form som är växttillgänglig. Dessutom innehåller rötrester stabila kolföreningar som på sikt kan bidra till ökad mullhalt och förbättrade jordegenskaper.

En ökad biogasproduktion i Sverige kan medföra att det blir ekonomiskt intressant att utnyttja biomassa från exempelvis vägkanter eller obrukade marker. Detta kan innebära en ökad risk för spridning av både ogräs och invasiva främmande växtarter till åkermark, vid aspridning av rötrester som gödselmedel. Det finns därför ett behov av att undersöka hur olika frön och vegetativa växtdelar från sådana arter påverkas av rötning samt i vilken utsträckning de överlever processen. Kunskap om detta är viktigt för att kunna bedöma risken för spridning via rötrester.

Syftet med denna studie var att skatta grobarhet och vitalitet (total överlevnad) hos frön av rölleka (*Achillea millefolium*) och skräppa (*Rumex* spp.) samt vitalitet hos vegetativa växtdelar från rölleka och parkslide (*Reynoutria japonica* tidigare *Fallopia japonica*) efter rötning vid mesofila (37°) och termofila (52°C) förhållanden under olika tider. Resultaten jämfördes även med motsvarande behandlingar i vattenbad vid samma temperatur- och tidsförhållanden. Vidare gjordes en metodjämförelse för att bedöma om vattenbad är mer konservativt än rötning, dvs. om resultaten från vattenbad bedöms vara säkra att använda för att skatta risken för överlevnad av frön och vegetativa delar i rötning vid jämförbara förhållanden.

Ett inledande grobarhets- och vitalitetsförsök genomfördes för att få en uppfattning om växtmaterialets status innan behandlingarna. Ett vattenbadsförsök utfördes med frön vid 37°C, 45°C och 52°C under 1–16 timmar samt med vegetativa växtdelar under 37°C och 52°C under 1–4 timmar. I en jämförande studie genomfördes både rötning och vattenbad vid 37°C för frön under 1–32 dagar och vegetativa växtdelar samt vid 52°C för frön under 1–16 timmar. Därutöver genomfördes ett hygieniseringsförsök där frön behandlades i vattenbad vid 70°C under en timme. En binomial modelleringsmetod användes för de statistiska analyserna.

Resultatet visade genomgående att vitaliteten hos frön och vegetativa delar påverkades främst av temperatur och tid för exponering. Högre temperatur och längre exponeringstid medförde lägre vitalitet. I vattenbad med frön vid 37°C, 45°C och 52°C var grobarhet och vitalitet signifikant lägre vid 52°C än vid övriga temperaturer. Vid vattenbad och rötning vid 37°C och 52°C uppvisade skräppafrön en högre vitalitet (cirka 80%) vid båda temperaturerna medan röllekafrönas vitalitet låg signifikant lägre (59% vid 37°C och 25% vid 52°C). Vegetativa delar från rölleka uppvisade signifikant högre vitalitet (50%) vid 37°C vattenbad jämfört med parkslide (18%). Skillnaderna mellan arterna minskade vid 52°C där vitalitet låg på 3–5%. Inga skillnader i vitalitet hittades mellan röllekans frö och vegetativa delar efter rötning eller mellan parkslidens olika växtdelar efter vattenbad. Studien bekräftar att vattenbad är en mer konservativ metod än rötning,

eftersom resultaten visar genomgående högre grobarhet och vitalitet efter vattenbart jämfört med rötning.

Slutsatserna från studien blir att högre temperaturer och/eller länge uppehållstid minskar vitaliteten hos frön och vegetativa delar. Skräppafrön var tåligare än röllekafrön vid högre temperaturer, längre uppehållstid och rötning. Efter kortare uppehållstid i rötningsprocessen finns det möjlighet att rötresterna innehåller vitala skräppafrön och att dessa kan spridas på åkern via rötrester, men som under normala retentionstider (15–30 dagar) bedöms risken som låg. Röllekans vegetativa växtdelar hade högre vitalitet än parkslide vid 37°C. Denna skillnad minskade vid högre temperatur (52°C) och längre uppehållstider. Vid rötning av rölleka och parkslidens vegetativa delar hittades inga skillnader och den genomsnittliga vitaliteten var låg. Inga skillnader i vitalitet hittades mellan röllekans vegetativa delar och frön efter rötning och inte heller mellan parkslidens vegetativa efter vattenbad. Resultaten indikerar att risken för att sprida vitala vegetativa delar från rölleka och parkslide via rötrester är låg. Vidare reducerades grobarhet och vitalitet mer vid rötning än vattenbad under motsvarande förhållanden. Detta tyder på att vattenbad är en mer konservativ metod än rötning.

Nyckelord: *Achillea millefolium*, anaerob nedbrytning, biogasproduktion, biogödsel, *Fallopia japonica*, groningstest, invasiva växtarter, ogräs, parkslide, *Reynoutria japonica, Rumex* spp., rölleka, rötrest, skräppa, tetrazolium, vattenbad

Abstract

Biogas is produced when organic matter is decomposed by microorganisms under oxygen-free (anaerobic) conditions. This process is called anaerobic digestion and besides biogas, which can be used as an energy source, a digester is produced, which is rich in nutrients and can be used as an organic fertilizer. Common substrates used in biogas plants include food waste, by-products from the food industry, sewage sludge, livestock manure and plant biomass. Since 1 January 2024, the separate collection of households biowaste has been a legal requirement in Sweden. This enables this waste to be treated in biogas plants. Digestate is an organic fertilizing product with a large proportion of the nitrogen present as ammonium. Ammonium is a form of nitrogen which is readily available for plants. Digestate also contains stable carbon compounds that may contribute to increased soil organic matter content and improved soil properties over time.

An increased biogas production in Sweden can lead to an economic interest in using plant biomass from roadside verges and unmanaged land. This may also increase the risk of spreading weeds or invasive alien plant species to agricultural land by using digestate. There is a need to study and investigate how seeds and vegetative plant parts of such species are affected by anaerobic digestion and to what extent they survive the process. This knowledge is crucial for assessing the risk of weed dispersal by using digestate as fertilizer.

The aim of this study was to assess the rate of germination and vitality (total survival) of seeds of yarrow (*Achillea millefolium*) and dock (*Rumex* spp.) as well as the viability of vegetative plant parts of yarrow and Japanese knotweed (*Reynoutria japonica,* formerly known as *Fallopia japonica*) following anaerobic digestion under mesophilic (37°) and thermophilic (52°) conditions under different retention times. The results were compared with corresponding treatments in water baths under the same temperature and time of treatment. Furthermore, a comparison between the water bath and anaerobic digestion was made to see if water bath is a more conservative method compared to anaerobic digestion. This could show whether results from water baths could be used as an estimate of the survival risk of seeds and vegetate plant parts during anaerobic digestion under comparable conditions.

An initial germination and viability test was conducted to assess the status of the plant material prior to the treatments. Water baths experiments were performed with seeds at 37°C, 45°C and 52°C for 1-16 hours, and vegetative plant parts at 37°C and 52°C for 1-4 hours. In a comparative study, both anaerobic digestion and water bath treatment were conducted at 37°C with seeds for 1-32 days, and with vegetative plant parts, as well as at 52°C with seeds for 1–16 hours. In addition, a sanitization experiment was performed in which seeds were treated in a water bath at 70°C for one hour. A binomial modelling was used for the statistical analyses.

The results consistently showed that the viability of both seeds and vegetative plant parts was primarily affected by temperature and exposure time. Higher temperatures and longer exposure periods resulted in lower viability. In the water bath treatment with seeds, at 37°C, 45°C and 52°C both germination and viability were significantly lower at 52°C compared to the other temperatures. In both water bath and anaerobic digestion treatments at 37°C and 52°C, dock seeds had a higher viability (around 80%) at both temperatures. In the same treatment, yarrow seeds had significantly lower viability (59% at 37°C and 25% at 52°C). Vegetative plant parts of yarrow showed a significantly higher viability (50%) after water bath at 37°C compared with Japanese knotweed (18%). The difference between yarrow and Japanese knotweed decreases at 52°C, where

the viability for both species ranged between 3-5%. No significant differences in viability were found between yarrow seeds and vegetative plant parts following anaerobic digestion. No significant differences in viability were found between different vegetative plant parts of Japanese knotweed following water bath. This study confirmed that water bath treatment is a more conservative method than anaerobic digestion. This is demonstrated by the consistency of higher germination and viability after water baths than after anaerobic digestion throughout this study.

The conclusions of this study are that higher temperatures and/or longer retention times reduce the viability of both seeds and vegetative plant parts. Dock seeds were more tolerant than yarrow seeds to higher temperatures, longer retention time and anaerobic digestion. Therefore, there is a potential of dock seeds to survive the anaerobic digestion at shorter retentions times and could be dispersed by spreading digestate in arable lands. Under normal retention time (15-30 days) the risk is low. Vegetative plant parts of yarrow showed higher viability than Japanese knotweed at 37°C. This difference decreased at higher temperatures (52°C) and at longer retention times. No differences were found between yarrow and Japanese knotweed vegetative plant parts following anaerobic digestion and the average viability was low. No difference in viability was found between yarrow seeds and plant parts following anaerobic digestion. No difference in viability was found between different plant parts of Japanese knotweed following water bath. The results indicate that the risk of spreading viable vegetative plant parts of yarrow and Japanese knotweed via digestate is low. Both germination and viability were more reduced by anaerobic digestion than by water baths under corresponding conditions. This suggests that water bath treatment is a more conservative method than anaerobic digestion.

Keywords: Achillea millefolium, anaerobic digestion, biogas production, curly dock, digestate, *Fallopia japonica,* germination test, invasive alien species, Japanese knotweed, organic fertilizer, *Reynoutria Japonica*, *Rumex spp*., tetrazolium, water bath, weeds, yarrow

Innehållsförteckning

Tabellförteckning **10**

Figurförteckning **12**

1. Inledning **15**

1.1 Bakgrund 15

1.2 Biogasprocessen 15

1.2.1 Biogasanläggningar och miljöparametrar 17

1.2.2 Hygienisering 17

1.2.3 Rötrest som gödselmedel 18

1.2.4 Ogräsfrön och vegetativa växtdelar i rötresten 19

1.3 Ogräs och invasiva växtarter 21

1.3.1 Ogräs 21

1.3.2 Invasiva växtarter 21

1.4 Fröer och vegetativt materials morfologi 21

1.4.1 Fröets morfologi 21

1.4.2 Groningsvila 22

1.4.3 Groning 23

1.4.4 Skott- och rotutveckling 24

1.4.5 Vegetativa växtdelar 26

1.5 Arter 27

1.5.1 Parkslide 27

1.5.2 Rölleka 30

1.5.3 Skräppa 31

1.6 Syfte 33

1.7 Frågeställningar 33

1.8 Avgränsningar 34

2. Material och metod **35**

2.1 Växtmaterial 35

2.1.1 Frömaterial 35

2.1.2 Vegetativt material 35

2.2 Material och metodöversikt 37

2.3 Grobarhets- och vitalitetstest 39

2.3.1 Grobarhetstest 39

2.3.2 Tetrazoliumtest – vitalitetsbestämning hos frön 40

2.4 Försök 42

2.4.1 Kontroll 42

2.4.2 Hygienisering 42

2.4.3 Rötning 42

2.4.4 Vattenbad 45
2.4.5 Totalt antal levande fröer och vegetativa växtdelar 47
2.5 Statistisk analys 48

3. Resultat 49
3.1 Kontroll 49
3.1.1 Frön (skräppa och rölleka) 49
3.1.2 Vegetativa delar (parkslide och rölleka) 49
3.2 Hygienisering (frön) 50
3.3 Grobarhet och vitalitet hos frön (skräppa och rölleka) 50
3.3.1 Vattenbadsförsök (37°C, 45°C och 52°C under 1, 2, 4, 8, och 16 h) 50
3.3.2 Vattenbad och rötning (37°C under 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar) 53
3.3.3 Vattenbad och rötning (52°C under 1, 2, 4, 8 och 16 h) 58
3.4 Vitalitet hos vegetativa delar (parkslide och rölleka) 62
3.4.1 Vattenbadsförsök (37°C och 52°C under 1, 2 och 4 timmar) 62
3.4.2 Rötning (37°C under 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar) 64
3.5 Vitalitet hos rölleka (frön och vegetativa delar) 65
3.5.1 Rötning (37°C under 1, 2, 4, 8, 16, och 32 dagar) 65
3.6 Vitalitet hos parkslide (vegetativa delar) 65
3.6.1 Vattenbad (37°C och 52°C under 4 h) 65
3.7 Jämförelse mellan metoderna vattenbad och rötning 66

4. Diskussion 67
4.1 Felkällor 74
4.2 Slutsatser 75

Referenser 77

Populärvetenskaplig sammanfattning 82

Tack 84

Tabellförteckning

Tabell 1. Ursprung av frömaterial som användes i vattenbads- och rötningsförsök. 35

Tabell 2. Ursprung av vegetativt växtmaterial som användes i vattenbads- och rötningsförsök. 35

Tabell 3.Översikt över vilka växtdelar från ingående arter (rölleka, parkslide och skräppa) som ingick i respektive försök. Ett kryss (x) markerar att växtdelen inkluderats i försöket. 37

Tabell 4. Kontrollförsök av grobarhet (%) och vitalitet (%) från arterna skräppa och rölleka. 49

Tabell 5. Kontrollförsök av vitalitet (%) hos vegetativa delar från arterna parkslide och rölleka. 49

Tabell 6. Skattade medelvärden samt undre- och övre konfidensintervall (KI) för grobarhet och vitalitet. Vattenbadsförsök med faktorerna: temperatur (37°C, 45°C och 52°C), art (rölleka och skräppa) och tidsintervall (1, 2, 4, 8 och 16 timmar). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (p<0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor. 51

Tabell 7. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för grobarhet och vitalitet hos frön. Försök vid 37°C med faktorerna: metod (vattenbad och rötning), art (rölleka och skräppa) och tidsintervall (1, 2, 4, 8 och 16 dagar). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (P<0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor. 54

Tabell 8. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för grobarhet och vitalitet. Försök vid 52°C med faktorerna: metod (vattenbad och rötning), art (rölleka och skräppa) och tidsintervall (1, 2, 4, 8 och 16 h). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (P <0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor 58

Tabell 9. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för vitalitet hos vegetativa delar. Vattenbad med faktorerna: temperatur (37°C och 52°C), art (rölleka och parkslide) och tidsintervall (1, 2 och 4 timmar). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (P <0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor 62

Tabell 10. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för vitalitet hos vegetativa delar. Vattenbadsförsök med faktorerna: temperatur (37°C och 52°C) och plantdelar (finare rhizom, rhizom och stamdel). Olika bokstäver

indikerar signifikanta skillnader (P <0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor..... 65

Figurförteckning

Figur 1. Översiktsbild över ett växtnäringskretslopp, kanske på gårdsnivå. Bild: Al Seadi 2001. 18

Figur 2. Illustration av enhjärtbladigt frö (till vänster) och tvåhjärtbladigt frö (till höger). Illustration: Amanda Olofzon Larzon 2026. 22

Figur 3. Översiktlig bild över hur en monokotyledons groddplanta utvecklas från groning till självförsörjande planta. I detta fall majs, som är ett gräs. Illustration: Tesar (1984:111)..... 25

Figur 4. Översiktlig bild över hur en dikotyledons groddplanta utvecklas från groning till självförsörjande planta. I detta fall illustreras sojaböna. Illustration: Tesar (1984:109)..... 26

Figur 5. Två olika parkslideplantor växande i Kalmars stadsträdgård samt längs trottoar i centrala Kalmar våren 2026. Foto: Elin Eliasson..... 27

Figur 6.Tidiga skott av parkslide i en villaträdgård i Kalmar. Skotten beskrivs ofta påminna om sparris. Foto: Amanda Olofzon Larzon 28

Figur 7. En växande röllekaplanta i Uppsala län. Foto: Theo Verwijst 31

Figur 8. Skräppor växande längs trottoarer i Uppsala i början på juni 2026. Foto: Elin Eliasson 32

Figur 9. Vegetativa delar av rölleka som användes i de olika experimenten. Till vänster ses rhizom där nya skott kommer från noderna som finns på rhizomet. Till höger ses en rothals, det vill säga övergången mellan det gröna, som växer ovan jord, och roten som växer under jord. Foto: Elin Eliasson 36

Figur 10. Vegetativa delarna av parkslide som användes i de olika försöken. Röd ring visar stamdel, orange ring visar rhizom och grön ring finare rhizom. Foto: Elin Eliasson 37

Figur 11. Övergripande metodöversikt som beskriver arbetsgången i denna studie. 38

Figur 12. Grobarhets- och vitalitetsförsök. Frön placerade på fuktiga filterpapper och vegetativa delar placerade på fuktigt papper placerades i en odlingskammare (till vänster) vid 20°C och ljus 16 timmar/dygn och 4°C 8 timmar mörker/dygn. Till höger ses petriskålar med skräppafrön. Foto: Elin Eliasson..... 40

Figur 13. Frön med tydlig infärgning och därmed bedömts som vitala (levande). Till vänster ses ett skräppafrö och till höger ett röllekafrö. Foto: Elin Eliasson 41

Figur 14. Frön som visar avsaknad av infärgning av tetrazolium och därför bedöms som icke-vitala, det vill säga döda. Skräppafrö till vänster och röllekafrön till höger. Foto: Elin Eliasson 42

Figur 15. Värmepressen som användes för att försluta påsarna till rötningsförsöket. Påsarna med frön förslöts tre gånger, först rakt över och sedan som ett kryss, för att förhindra att det förekom några hål i påsen. Foto: Elin Eliasson.....43

Figur 16. Till vänster; Mesofila flaskor vid ändring av gasfas, det vill säga att luft ersättes med kvävgas, för att säkerställa den anaeroba miljön. Till höger: Mesofila flaskor placerade på en platta med kontinuerlig omrörning i ett rum med temperaturen 37°C. Foto: Elin Eliasson 44

Figur 17. Till vänster: Skåp med 52°C som användes för den termofila delen av rötningsförsöket. Till höger: Flaskor flushades med kvävgas, som kommer ur plaströren, före förslutning av flaskorna med gummimembran och lock av aluminium.....45

Figur 18. Till vänster: Vattenbad på vegetativt material som placerats i tepåsar. Till höger: En röllekaplanta inför vattenbad i 37°C. Foto: Elin Eliasson 47

Figur 19. Tre stamdelar av parkslide dag 1 (till vänster) jämfört med sista dagen av kontrolltestet (till höger). De tre stamdelarna visade tydliga tecken på vitalitet genom att nya rötter utvecklats. Foto: Elin Eliasson.....50

Figur 20. Grobarhet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbadsförsök vid temperaturerna 37°C, 45°C och 52°C (medel och konfidensintervall). 52

Figur 21. Grobarhet hos frön (%) vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbadsförsök vid tre temperaturerna 37°C, 45°C och 52°C (medel och konfidensintervall). 52

Figur 22. Vitalitet hos frön (%) vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbadsförsök vid temperaturerna 37°C, 45°C och 52°C (medel och konfidensintervall). 53

Figur 23. Grobarhet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbad och rötning vid 37°C i genomsnitt över tid (medel och konfidensintervall). 55

Figur 24. Grobarhet (%) hos frön över tid (1–32 dagar) efter vattenbad och rötning vid 37°C (medel och konfidensintervall). 55

Figur 25 Grobarhet (%), i genomsnitt över metod, hos frön av rölleka och skräppa över tid (1–32 dagar) vid 37°C (medel och konfidensintervall). 56

Figur 26. Vitalitet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbad och rötning vid 37°C i genomsnitt över tid (medel och konfidensintervall). 57

Figur 27. Vitalitet (%) hos frön över tid (1–32 dagar) efter inkubation i vattenbad och under rötning vid 37°C (medel och konfidensintervall). 57

Figur 28. Grobarhet hos frön (%) vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbad och rötning vid 52°C (medel och konfidensintervall). 59

Figur 29. Grobarhet (%) hos rölleka och skräppa vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) vid 52°C i genomsnitt över metod (medel och konfidensintervall).....59

Figur 30. Vitalitet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbad och rötning vid 52°C (medel och konfidensintervall).....60

Figur 31. Vitalitet (%) hos frön vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbad och rötning vid 52°C (medel och konfidensintervall). 61

Figur 32. Vitalitet (%) hos rölleka och skräppa vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) vid 52°C i genomsnitt över metod (medel och konfidensintervall) 61

Figur 33. Vitalitet (%) hos vegetativa delar från två arter (parkslide och rölleka) vid temperaturerna 37°C och 52°C i genomsnitt över tid (medel och konfidensintervall). 63

Figur 34. Vegetativa delar från rölleka som genomgått vattenbad vid 37°C och därefter legat på groning i klimatskåp, visade tydligt på vitalitet genom bildning av nya skott och gröna blad. Foto: Elin Eliasson 63

Figur 35. Vegetativa delar från parkslide (till vänster: rhizom, till höger: stamdel), som genomgått vattenbad vid 37°C och därefter legat på groning i klimatskåp, visade tydliga tecken på vitalitet genom bildning av nya skott. Foto: Elin Eliasson 64

Figur 36. Vegetativa delar (rhizom) från rölleka till höger efter rötning. Rhizomen bröts ner under rötningen och ibland återhittades inte rhizomen pga. total nedbrytning. Finare rhizom från parkslide (till vänster) behöll strukturen bättre efter rötning. Foto: Elin Eliasson 64

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Intresset för biogasproduktion har varit stort i Sverige under en längre tid. Biogasproduktion möjliggör behandling av organiskt avfall samtidigt som förnybar energi genereras (Schnürer & Jarvis 2018). Det finns flera fördelar med biogasproduktion; minskad användning av fossila bränslen, minskat utsläpp av växthusgaser, högre självförsörjandegrad, effektivt näringsutnyttjande och recirkulation av växtnäring (Al Seadi et al. 2008).

Rötrest från biogasanläggningar är ett eftertraktat biogödselmedel eftersom det innehåller lättillgängligt kväve som tillgodoser grödan med växttillgänglig näring. Dessutom bidrar rötrester med kolföreningar till marken som på sikt bidrar till en ökad mullhalt i jorden (Tampio et al. 2024). Samtidigt bidrar användningen till att sluta växtnäringskretsloppet genom att näringsämnen återförs till åkermarken (Salomon & Wivstad 2013). Ogräsfrön och vegetativa växtdelar kan hamna i rötningsprocessen genom de substrat som används. Därför föreligger det en risk att rötrester kan öka spridningen av oönskade arter, under förutsättning att frön och vegetativt växtmaterial överlever biogasprocessen (Westerman & Gerowitt 2013).

Framtidens klimat beror på atmosfärens innehåll av växthusgaser och ju mer växthusgaser desto varmare temperatur. Sveriges uppvärmning ligger över det globala genomsnittet och kommer märkas främst på vinterhalvåret genom färre dagar med minusgrader, färre dagar med snö och en längre vegetationsperiod (Sjökvist et al. 2025). Ökad temperatur och ett mildare klimat kan leda till ökade problem med invasiva växtarter som får fäste i den svenska naturen till följd av ett mildare klimat (Smålander 2024). Även främmande ogräsarter kan få fäste på jordbruksmark i takt med ett förändrat klimat och ändrat brukningssätt (Länsstyrelsen Södermanlands län 2019).

1.2 Biogasprocessen

Biogas bildas när organiskt material bryts ned under syrefria, det vill säga anaeroba, förhållanden av olika mikroorganismer. Biogasen består till största delen av koldioxid (CO_2) och metan (CH_4), (Hansson & Christensson 2005; Schnürer & Jarvis 2018) men även mindre mängder svavelväte och vattenånga (Energigas Sverige 2025). Metan är den energibärande beståndsdelen. Biogas kan användas som drivmedel, för el- och värme (Schnürer & Jarvis 2018; Energigas Sverige 2025) eller som råvara eller bränsle till industriella processer (Energigas

Sverige 2025). Förutom biogas bildas även en rötrest, som kan användas som gödselmedel inom lantbruket (Schnürer & Jarvis 2018; Energigas Sverige 2025).

Organiskt material bryts även naturligt ned under syrefattiga förhållanden, exempelvis i våtmarker eller i vämmen hos idisslande djur (Schnürer & Jarvis 2018). Syrefri nedbrytning är en mikrobiologisk process där flera olika grupper av mikroorganismer samverkar (Hansson & Christensson 2005). I en biogasanläggning sker rötningsprocessen i en sluten och isolerad rötkammare där syretillgången är begränsad. Substratet, det vill säga råvaran som matas in i reaktorn, uppehåller sig ungefär 15–30 dagar beroende på processtyp och ingående substrat. Rötkammaren är försedd med uppvärmning och omrörningssystem (Energigas Sverige 2025). Den anaeroba nedbrytningen sker i nedan fyra steg (Hansson & Christensson 2005; Schnürer & Jarvis 2018; Energigas Sverige 2025):

1. Hydrolys
2. Fermentation
3. Anaerob oxidation
5. Metanogenes

Hydrolys är det första steget under den anaeroba nedbrytningen där mikroorganismer bryter ner större beståndsdelar till mindre föreningar med hjälp av olika enzymer (Hansson & Christensson 2005). Socker, fett och proteiner bryts ner till mindre beståndsdelar såsom enklare sockerarter, fettsyror, aminosyror och alkoholer (Schnürer & Jarvis 2018). I steg två används hydrolysprodukterna och fermenteras till flyktiga syror, (Hansson & Christensson 2005) fettsyror, mjölksyror och alkoholer. Tredje steget, anaerob oxidation, bryts produkterna ner som bildades under fermentationen till vätgas (H_2), koldioxid (CO_2) och acetat (CH_3COO^-). Dessa produkter används sedan i fjärde steget, metanogenesen, där mikroorganismer använder dessa molekyler för att bilda metan och koldioxid (Schnürer & Jarvis 2018).

Kontrollerad biogasproduktion i reaktorer sker antingen mesofilt med en temperatur kring 35–40°C eller termofilt med en temperatur kring 50–55°C (Hansson & Christensson 2005; Schnürer & Jarvis 2018; Energigas Sverige 2025). I Sverige används främst mesofil rötning och år 2024 använde endast 8% av anläggningarna termofil rötning (Energigas 2025). Mikroorganismerna har olika krav på sin levnadsmiljö för att må bra och fungera optimalt. Dessa krav är exempelvis temperatur och pH. Mikroorganismerna är till en viss gräns anpassningsbara till sin levnadsmiljö. Eftersom många olika mikroorganismer ingår i biogasprocessen är det svårt att optimera förhållanden till var enskild

grupp av mikroorganismer, men miljön ska vara sådan att mikroorganismerna kan växa (Schnürer & Jarvis 2018).

1.2.1 Biogasanläggningar och miljöparametrar

Det finns olika typer av biogasanläggningar i Sverige, exempelvis avloppsreningsverk, samrötningsanläggningar, gårdsanläggningar och industrianläggningar (Energigas 2025). Dessa anläggningar använder olika typer av substrat vilket även påverkar olika parametrar i processen såsom kol/kvävekvot (C/N) och pH (Jarvis & Schnürer 2018). Samrötningsanläggningar rötar exempelvis matavfall från hushåll, slakteriavfall och produkter från lantbruket, men dock inte slam (Energigas 2025). Avloppsreningsverk behandlar slam (Al Seadi et al. 2008) medan gårdsanläggningar i större utsträckning använder gödsel och överblivet växtmaterial från den egna produktionen (Salomon & Wivstad 2013). Hansson och Christensson (2005) anser att en lämplig C/N kvot är runt 15–20, alltså att det ska vara 15–20 gånger mer kol än kväve i det substratet som används. Eftersom olika substrat har varierande kemisk sammansättning, uppstår också skillnader i processförhållanden och processtabilitet mellan olika rötningsanläggningar. De kan ha olika kvävehalt, pH och nivåer av organiska syror (Hansson & Christensson 2005; Al Seadi 2008). Rötning av substrat med allt för låg kvävehalt kan leda till risk för lågt pH som kan störa processen (Hansson & Christensson 2005). Gödsel och slakteriavfall innehåller ofta mycket kväve, särskilt i form av ammoniak (NH_3). För mycket ammoniak kan också störa processen (Hansson & Christensson 2005) eftersom ammoniakkoncentrationen då blir toxiskt för mikroorganismerna (Al Seadi et al. 2008). Jämvikten mellan ammoniak (NH_3) och ammonium (NH_4^+) påverkas främst av temperatur och pH, ju högre temperatur och högre pH desto större andel av kvävet är i form av ammoniak (Hansson & Christensson 2005). Rötningsprocessen fungerar bäst runt neutralt pH runt 6–8,5 (Jarvis & Schnürer 2018). Al Seadi et al. (2008) menar att optimalt pH värde för mesofil rötning ligger mellan 6,5–8,0. Vid pH 8,0 och 37°C är cirka 10% av kvävet i form av ammoniak (Hansson & Christensson 2005).

1.2.2 Hygienisering

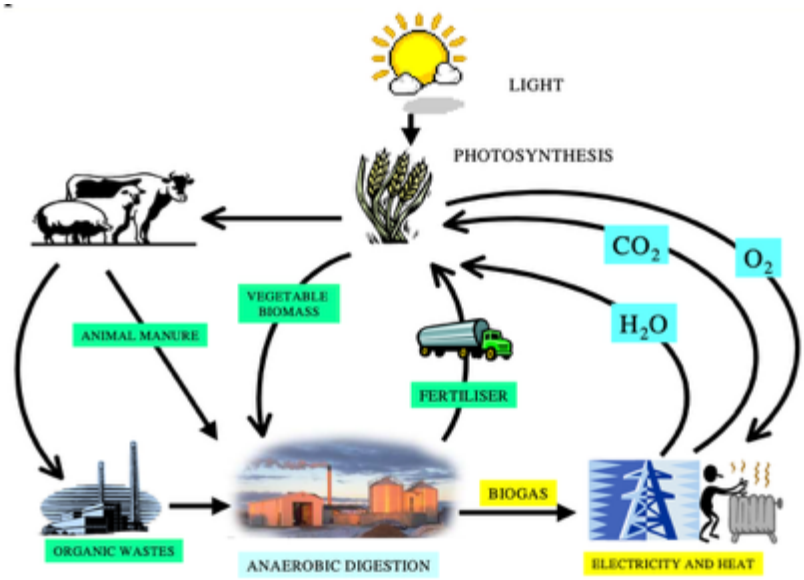
Hygienisering är ett krav som ställs på svenska samrötningsanläggningar för att minska risken för att sprida patogener (Energigas 2025). Även anläggningar som tar emot och rötar animaliska biprodukter i Sverige måste använda ett hygieniseringssteg i processen (Energigas Sverige 2025; Jordbruksverket 2026) som inte ska kunna förbikopplas. Detta innebär att substratet upphettas till minst 70°C under minst en timme, innan det går in i rötningsprocessen. Dessutom får partikelstorleken vara högst 12 mm. Jordbruksverket har även godkänt en termofil rötningsprocess för hygienisering där materialet exponeras för minst 52°C under

minst 10 timmar, samtidigt som den hydrauliska uppehållstiden i reaktorn ska uppgå till minst sju dygn (Jordbruksverket 2026).

1.2.3 Rötrest som gödselmedel

Beroende på ursprung benämns rötresten olika. Biogödsel kommer från samrötningsanläggningar och gårdsanläggningar medan rötslam kommer från reningsverk (Energigas Sverige 2025). Biogödselns ursprung är ofta en blandning av stallgödsel, matrester från hushåll och restauranger, produkter från livsmedelsindustrier samt växtrester (Andersson et al. 2026).

Rötrest kan användas som biogödsel inom lantbruket och är ett sätt att recirkulera växtnäringsämnen från produkter tillbaka till åkermarken (figur 1). Under rötningsprocessen omsätter mikroorganismerna främst kol, som omvandlas till metangas och koldioxid. Ungefär hälften av det ingående kolinnehållet omvandlas till gas (Salomon & Wivstad 2013) medan en större andel av växtnäringsämnen såsom kväve, svavel, fosfor och mikronäringsämnen passerar genom processen utan förluster (Andersson et al. 2026). Eftersom andelen kol i rötresten minskar under processen, medför det till att C/N kvoten är lägre i rötresten jämfört med ingående material. Samtidigt omvandlas det organiskt bundna kvävet i substratet till ammonium och ammoniak under rötningsprocessen. Den lägre C/N kvoten samt högre andel ammoninumkväve gör att rötrest generellt har en god kväveeffekt som gödselmedel (Al Seadi et al. 2008; Salomon & Wivstad 2013; Andersson et al. 2026).



Figur 1. *Översiktsbild över ett växtnäringskretslopp, kanske på gårdsnivå. Bild: Al Seadi 2001.*

Certifiering av rötrest

Avfall Sverige (2026) skriver att SPCR 120 är ett frivilligt kvalitetssäkringssystem kopplade till återvunna produkter, däribland rötrester från biogasproduktion. Vid uppfyllande av kraven blir produkten certifierad. Krav ställs på ingående substrat, leverantörer, insamling och transport, mottagning, behandlingsprocess, produkt samt innehållsdeklaration. Det finns även krav på grobara frön och växtdelar i rötresten. Fast och flytande biogödsel får maximalt innehålla två grobara frön och växtdelar per liter för godkänd certifiering (Avfall Sverige 2026).

1.2.4 Ogräsfrön och vegetativa växtdelar i rötresten

Frön från ogräs och invasiva växtarter kan hamna i en biogasanläggning både från djurs gödsel såväl från biomassa från växtlighet om detta används som substrat. Detta kan utgöra en risk för ökad spridning om dessa överlever rötningsprocessen (Westerman & Gerowitt 2013).

Flera olika studier och studentarbeten har berört ämnet. Bland annat har Strömberg (2023) skrivit en kandidatuppsats inom ämnet där data från 19 olika publikationer sammanställdes i en metaanalys från 66 olika ogräsarter som genomgått termofil och/eller mesofil rötning. Resultatet visade att dödligheten av ogräsfrön i biogasprocesser är en funktion av temperatur och uppehållstid i biogasreaktorn (Strömberg 2023). Även Hansander (2012) har skrivit en litteratursammanställning i en kandidatuppsats om ogräsfröns överlevnad i biogasprocessen. Slutsatsen var att risken för ogrässpridning via rötrester var generellt låg, men att det föreligger risk hos ett antal mer beständiga arter, såsom svinmålla (*Chenopodium album*) (Hansander 2012). Strömberg (2024) har även genomfört ett mastersarbete där grobarhet och total överlevnad undersöktes för ogräsarterna hönshirs (*Echinochloa crusgalli*), renkavle (*Alopecurus myosuroides*), skräppa (*Rumex spp*.) och italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*). Studien inkluderade både mesofil och termofil rötningsprocess, hygienisering och jämförelse med vattenbad. Slutsatsen var att risken för spridning av ogräsfrön var låg. Även den mest beständiga arten, skräppa, överlevde inte mesofil rötning i mer än 5 dagar. Alla fröer inaktiverades vid hygienisering. Vid termofil rötning hade alla arters fröer en vitalitet på <4% vid tio timmars rötningstid (Strömberg 2024). I en annan mastersuppsats, skriven av Green (2023), undersöktes bitar av parkslide som genomgick 37 °C (mesofil) rötning under 20 dagar. Efter avslutad rötning placerades rötrest i krukor med jord i växthus och resultatet visade ingen groning av parkslide (Green 2023).

Frön från olika ogräsarters uppvisar varierande grad av grobarhet efter genomgången rötningsprocess. Den bakomliggande orsaken kan tillskrivas

artspecifika egenskaper hos fröerna. I en sammanställning av Westerman och Gerowitt (2013) presenterades att frön med hårt fröskal, hög resistens mot temperatur och/eller anpassning till endozookori, det vill säga att fröna färdas genom djurs magtarmkanal utan att förlora sin vitalitet, är egenskaper som gör fröet mer beständigt genom rötningsprocessen. De nämner också en korrelation mellan ett frös överlevnad i jorden och överlevnad genom rötningsprocessen. Temperatur och exponeringstid under rötningsprocessen tillskrevs de viktigaste faktorerna för inaktivering av frön (Westerman & Gerowitt 2013). Risken för överlevnad hos ogräsfrön verkar öka med lägre temperatur och kortare retentionstid, något som kan inträffa särskilt vid mesofila temperaturer och rötning i kontinuerlig omrörda tankreaktor (CSTR). Vid CSTR riskerar substrat att åka igenom reaktorn på kortare tid än den planerade uppehållstiden (Zhou et al. 2020). Ingen art tycks ännu ha utvecklat en motståndskraft eller resistenta egenskaper mot anaerob nedbrytning (Westerman & Gerowitt 2013). I ett informationsblad om biogödsel till lantbrukare framkommer det att ogräsfrön dör inom några dygn under termofil rötning eller efter en till tre veckor vid mesofil rötning. Särskilt svinmålla är en särskilt beständig art vars grobarhet reduceras helt efter några veckor i mesofil rötning (Blomquist et al. 2014). Svinmålla omnämns även i en annan studie som en beständig art som bibehåller vitaliteten längre än väntat, trots relativt tunt skal (Westerman et al. 2012). Ogräsfrön förlorar generellt sin grobarhet inom 10–15 dagar i rötningsprocessen. Inaktiveringen går fortare vid ökad temperatur och längre retentionstid (Al Seadi et al. 2008).

Forskning kring överlevnad av vegetativa växtdelar i rötningsprocessen är begränsad, särskilt för arter med förmåga till vegetativ reproduktion. I en studie av Dhaouefi et al. (2025) i Kanada undersöktes överlevnaden hos frön, skott och rhizom från parkslide i termofil rötning. Skott från arten samlades in under vinter, sommar och höst medan rhizom samlades in under enbart hösten för att möta artens olika utvecklingsstadier under olika årstider. Materialet hackades sedan ner till bitar mindre än 2,5 cm i diameter och rötades i 55 °C under 25 dagar. Därefter användes rötresten i ett groningsförsök. Rötresten placerades i krukor med jord under gynnsamma förhållanden i växthus. Groningsförsökets resultat var att ingen tillväxt av parkslide genom rötresten uppkom. För att jämföra om det var temperaturen eller rötningen i sig som föranledde utebliven tillväxt, jämfördes detta med vattenbad under samma förhållanden; 55°C i 1, 7 och 21 dagar. Både frön och rhizom med knoppar användes till vattenbadsförsöket. Därefter plockades de vegetativa delarna och fröna ut och sattes i krukförsök i växthus. Resultatet visade att redan efter en dag avdödades materialet och ingen groning eller tillväxt kunde konstateras (Dhaouefi et al. 2025).

1.3 Ogräs och invasiva växtarter

1.3.1 Ogräs

Ogräs avses plantor som växer på en plats där de inte är önskvärda med hänsyn till platsens ändamål (Lundkvist & Fogelfors 2004; Lundkvist 2015). I lantbrukssammanhang är ogräs är ofta förenat med negativa och oönskade konsekvenser som exempelvis minskad skörd, lägre avsalupris eller att ogräs kan agera värdplanta växtföljdssjukdomar. Men ogräs kan även ha positiva effekter som exempelvis att förekomst av ogräs minskar risken för utlakning av näringsämnen samt har jordförbättrande egenskaper (Lundkvist & Fogelfors 2004). I denna studie bedöms rölleka (*Achillea millefolium)* samt skräppa (*Rumex* spp.) som ogräsarter som förekommer bland annat på åkermark.

1.3.2 Invasiva växtarter

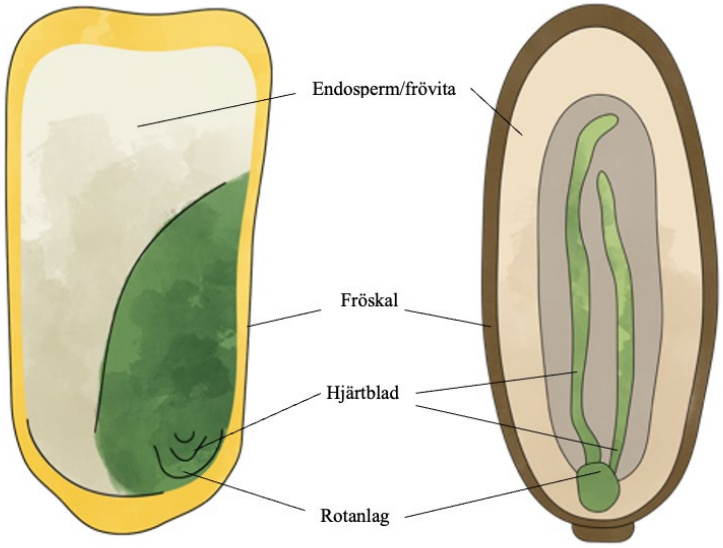
En invasiv främmande art är en art som människan introducerat i en miljö där arten sprids och riskerar orsaka allvarlig skada för ekosystemet, ekonomin eller människors hälsa (Smålander 2024; Naturvårdsverket 2025a). En invasiv främmande art kan vara en växt eller ett djur (Smålander 2024). Av de arter som undersöks i denna studie är det endast parkslide (*Reynoutria japonica)* som listas som en invasiv, främmande växtart inom EU-förteckningen. Det innebär att det är förbjudet att sälja, importera, byta, odla och transportera arten så att den sprids (Hav- och vattenmyndigheten & Naturvårdsverket 2025). Detta betyder inte att markägare som har växten på sin mark är skyldiga till att bekämpa parkslide, snarare rekommenderas markägare att avvakta bekämpning om arten inte sprids nämnvärt eller om bekämpningsplanen inte är genomtänkt. Detta beror på att otillräcklig bekämpning och störning kan leda till ökad spridning och förvärrade problem (Naturvårdsverket 2025b). Andra arter som likt parkslide kan orsaka allvarlig skada är bland annat kanadensiskt gullris (*Solidago canadensis* L.), blomsterlupiun (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) samt jättebalsamin (*Impatiens glandulifera* Royle) (Wissman et al. 2015).

1.4 Fröer och vegetativt materials morfologi

1.4.1 Fröets morfologi

Hos angiospermer (gömfröiga växter eller blomväxter) utvecklas fröet ur det befruktade fröämnet. Ett typiskt frö hos angiospermer består av ett embryo, en näringsvävnad i form av endosperm eller perisperm samt ett skyddande fröskal (figur 2) (Bewley et al. 2013). Embryot utgörs av embryoaxeln som innehåller anlagen för rot och skott, samt ett eller två hjärtblad som även kallas kotyledoner (Bewley et al. 2013; Fogelfors 2015). Växter med ett hjärtblad, exempelvis gräs kallas monokotyledoner, medan växter som har två hjärtblad, såsom raps och

potatis, benämns dikotyledoner. Endospermet, även kallat frövitan, fungerar som näringsreserv och innehåller lagrade kolhydrater, fett och proteiner. Denna reservnäring försörjer embryot under dess utveckling i fröet samt vid groningen, fram till dess att den unga plantan kan upprätthålla sin egen näringsförsörjning genom fotosyntes (Fogelfors 2015).



Figur 2. Illustration av enhjärtbladigt frö (till vänster) och tvåhjärtbladigt frö (till höger). Illustration: Amanda Olofzon Larzon 2026.

1.4.2 Groningsvila

Ett moget och torrt frö befinner sig ett vilotillstånd som benämns frövila eller *quiescence* (Bewley & Black 1994; Bewley et al. 2013). Tillståndet kan även benämnas som *ready-to-germinate* (Mohr & Schopfer 1992). Frön utgör därmed ett vilande organ med en låg vattenhalt och i det närmaste obefintlig metabolism (Bewley et al. 2013; Fogelfors 2015). I detta tillstånd kan frön ofta överleva under lång tid och senare återuppta en hög metabolisk aktivitet när förhållandena är gynnsamma. För att ett frö ska övergå från detta vilotillstånd till groning krävs tillgång till vatten samt lämpliga temperatur- och syreförhållanden. Detta tillstånd ska inte förväxlas med groningsvila (Bewley et al. 2013). Frövila kan beskrivas som ett tillstånd där fröet inväntar gynnsamma yttre förhållanden för att initiera groning (Baskin & Baskin 2014).

Groningsvila är ett fysiologiskt tillstånd som förhindrar vitala frön att gro, även vid gynnsamma förhållanden (Tesar 1984; Mohr & Schopfer 1992; Bewley 1997; Baskin & Baskin 2004; Radosevich et al. 2007; Bewley et al. 2013; Qasem 2020). Groningsvila uttrycks ofta som primär eller sekundär groningsvila. Primär groningsvila initieras under fröets utveckling och ses ofta i samband med att fröet

sprids från modersplantan. Sekundär groningsvila är induceras i stället hos mogna frön som inte är i groningsvila, och infaller när fröet är under förhållanden som inte är gynnsamma för groning, som syrebrist eller olämplig temperatur (Bewley & Black 1994).

Groningsvila är en evolutionär anpassning som möjliggör en arts spridning över tid och rum vilket ökar artens överlevnad (Tesar 1984; Radosevich et al. 2007; Qasem 2020). Samtidigt fungerar den som en skyddsmekanism mot groning under mindre gynnsamma förhållanden (Campbell et al. 2021).

Groningsvilan kan brytas av särskilda förhållanden eller aktiveringsmekanismer, vilka varierar avsevärt mellan olika arter (Mohr & Schopfer 1992; Fogelfors 2015). För att groningsvilan ska avbrytas krävs olika förhållanden, exempelvis specifika temperaturväxlingar eller ljusförhållanden (Fogelfors 2015). Ett exempel är tempererade områden där frön förhindras att gro på hösten och gror i stället på våren efter en köldperiod under vintern (Mohr & Schopfer 1992). Hos vissa arter förekommer mer radikala störningar för att bryta groningsvilan såsom häftiga regn eller skogsbränder (Campbell et al. 2021).

1.4.3 Groning

Groningen av ett frö definieras från det att fröet tar upp vatten till elongering av embryoaxeln, det vill säga när rotanlaget tränger ur fröskalet (Tesar 1984; Bewley & Black 1994; Bewley 1997; Bewley et al. 2013) medan Radosevich et al (2007) skriver att groningen innefattar intensifierad metabolisk aktivitet, tillväxt av embryot, rotanlagets framkomst och slutligen att ovanjordiska växtdelar kommer fram.

Groningen av ett frö startar med upptag av vatten (Tesar 1984; Bewley 1997; Fogelfors 2015) och vattenupptaget görs i tre steg. Under det första steget sker ett snabbt upptag av vatten till följd av den vattenpotentialgradient som uppstår mellan fröet och omgivningen. Olika arter har olika fysiologiska strukturer som reglerar vatteninträngningen, som exempelvis kan fungera som en ventil eller plugg som måste avlägsnas före vattnet kan komma in igenom fröskalet (Bewley et al. 2013). När vatteninnehållet i fröet ökar binds det till makromolekyler vilket ökar trycket inne i fröet. Detta leder till att fröet sväller, trycket ökar och fröskalet spricker slutligen upp (Fogelfors 2015). I andra fasen avtar vattenupptaget och fungerar som en platå. Olika metaboliska processer som har aktiveras av vattnet startar i gång (Bewley 1997). Samtidigt börjar olika enzymer frigöra och bryta ner de näringsämnen som finns lagrade i endospermet eller i hjärtbladen till mindre beståndsdelar. Dessa näringsämnen utnyttjas sedan av embryot och används till energiförsörjning och som byggstenar för tillväxt av groddplantan (Fogelfors

2015; Campbell et al. 2021). I tredje fasen ökar vattenupptaget igen till följd av att embryoaxeln sträckning och groningen fullbordas genom att rotanlaget tränger ut ur frökärnan. Frön som befinner sig i groningsvila kan uppnå steg ett och två, om dess fröskal är permeabelt. Dock genomgår dessa frön inte steg tre, eftersom mekanismer för att blockera groning är aktiva (Bewley 1997).

Krav på omgivningsfaktorer för groning

Groningen initieras av fyra faktorer; vatten, ljus, temperatur och fröets ålder (Fogelfors 2015). Även syre måste finnas tillgängligt liksom frånvaro av kemiska ämnen som verkar hämmande (Bewley et al. 2013).

Vatten är den mest essentiella faktor för att ett frö ska gro eftersom groning startar med vattenintag. Därför är det naturligt att vatten också den främsta orsaken till att groning av frön uteblir (Bewley et al. 2013).

Näst efter vatten är temperaturen den viktigaste faktor för att frön ska gro. Temperaturen inverkar på tre olika sätt. Det första sättet är genom att påverka groningsförmågan och groningshastigheten hos frön som inte är i groningsvila. Andra sättet är genom att kunna bryta både primär och sekundär groningsvila, och därefter det tredje sättet att temperaturen även kan inducera en sekundär groningsvila (Bewley et al. 2013). Arter har ofta en optimal temperatur för groning, men temperaturer något utanför detta optimala temperaturfönster brukar generera groning, om än långsammare (Mayer & Poljakoff-Mayber 1982).

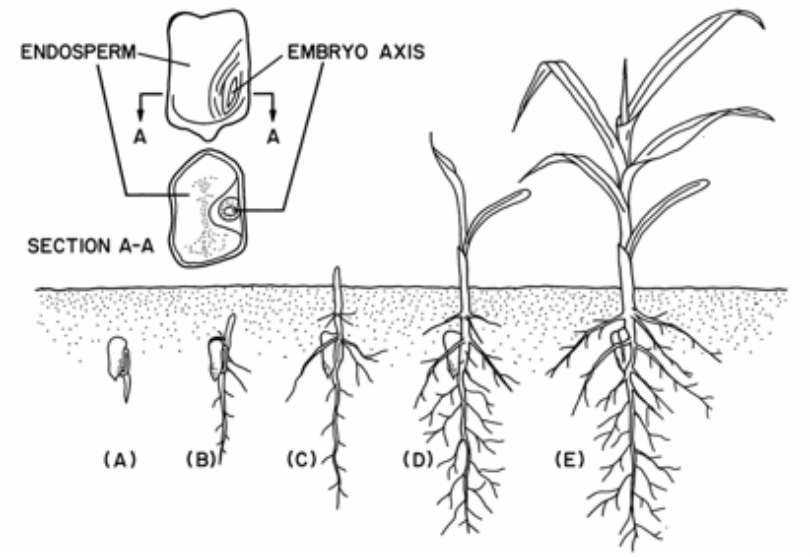
Ljus har också en stor inverkan till fröns groning. Enbart 1 millisekund av fullt solljus kan starta groningsprocessen hos frön som inte är i groningsvila (Bewley et al. 2013). Det finns också arter som enbart gror i mörker eller oavsett om ljus är närvarande eller inte (Mayer & Poljakoff-Mayber 1982).

De allra flesta växter behöver syre för att gro, eftersom respirationen startar till följd av den metaboliska aktiveringen vid groning (Mayer & Poljakoff-Mayber 1982; Bewley et al. 2013). De flesta arters frön gror väl under atmosfäriska förhållanden och en viss ökning i groningstakt kan ses vid ökad andel syre (Bewley et al. 2013).

1.4.4 Skott- och rotutveckling

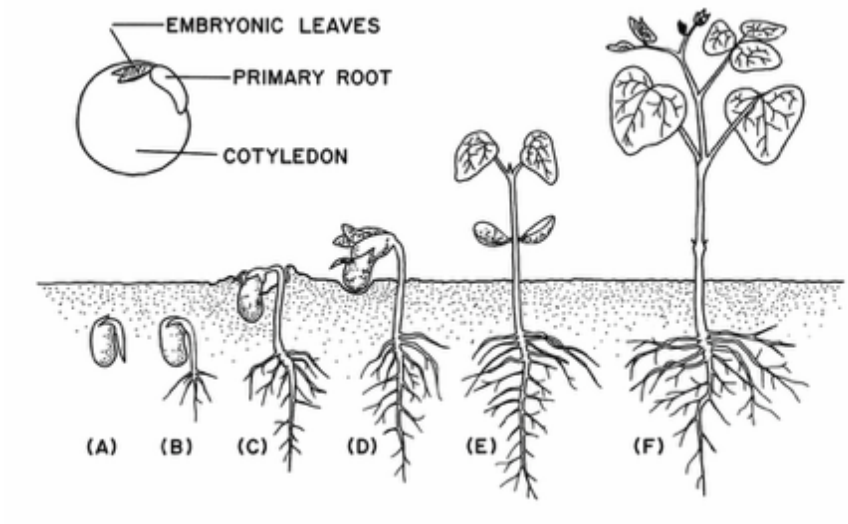
Groddplantans tillväxt omfattar den period i livscykeln från att rotanlaget tränger ut ur fröet tills att tillräckligt många blad har bildats så att plantan inte längre är beroende av lagrad näring och är i stället självförsörjande genom fotosyntes. Denna period i en plantas livscykel är en av de känsligaste (Tesar 1984).

Rotanlaget kommer ut ur fröet först, sedan skottet. Skott- och rotutvecklingen skiljer sig åt från mono- och dikotyledoner. Hos monokotyledoner, enhjärtbladiga växter, växer rotanlaget ut ur fröet. Detta bildar primärroten samtidigt som det även bildas 3–6 frörötter från fröet. Både från primärroten och frörötterna bildas sidorötter och förgreningar (Fogelfors 2015). Ungefär samtidigt som frörötterna bildas sträcks stjälkdelen under hjärtbladen, hypokotylen, mot markytan. När hypokotylen tränger igenom markytan och möter ljuset avstannar dess tillväxt. Den växande groddplantan börjar bilda kronrötter samtidigt som de första riktiga bladen växer fram och gör att groddplantans fotosyntes kan starta (figur 3) (Tesar 1984).



Figur 3. Översiktlig bild över hur en monokotyledons groddplanta utvecklas från groning till självförsörjande planta. I detta fall majs, som är ett gräs. Illustration: Tesar (1984:111).

Hos dikotyledoner, tvåhjärtbladiga växter, kommer rotanlaget att bli plantans primärrot, som växer neråt samtidigt som det bildas sidorötter allt eftersom. Även sidorötterna förgrenas (Fogelfors 2015). Hypokotylen förlängs i en båge och pressas upp genom markytan (figur 4). Med hjälp av växthormonet auxin rätas groddplantan upp och hjärtbladen rätas ut. Under en kortare period kommer hjärtbladen bidra med fotosyntes och kommer därefter att vissna ner, allt eftersom nya blad uppkommer och bidrar till fotosyntes (Tesar 1984).



Figur 4. Översiktlig bild över hur en dikotyledons groddplanta utvecklas från groning till självförsörjande planta. I detta fall illustreras sojaböna. Illustration: Tesar (1984:109).

1.4.5 Vegetativa växtdelar

Perenner, fleråriga arter, kan i vissa fall föröka sig både genom frö och genom vegetativa växtdelar som kallas rhizomer och stoloner (Lundkvist & Fogelfors 2004; Guo et al. 2021). Stoloner är ovanjordiska stamutlöpare, medan rhizom är underjordiska rotutlöpare som beroende på art finns på olika djup i marken (Lundkvist & Fogelfors 2004).

Längs rhizomen bildas axillära knoppar, som innehåller meristem. Meristemet kan vara vilande eller via hormonsignal instrueras till att celldela och bilda ett skott som blir en klon av modersplantan. Rhizomerna lagrar näring och skyddar de axillära knopparna medan de är vilande, under vintern. (Guo et al. 2021)

Rost et al. (2006) beskriver att rhizomer har noder och internoder. Små blad kan ibland bildas vid noderna. Knopparna i bladvecken på dessa små blad kan bilda nya skott som går igenom markytan och bildar nya plantor. Det finns flera fördelar för en art att ha vegetativ förökning, bland annat att det enbart krävs en moderplanta. Den vegetativa förökningen är även en snabbare process jämfört mot spridning via frön vilken kan gynna artens framgång och dominans. Vegetativ förökning kräver också mindre resurser från plantan jämfört med frösättning (Rost et al. 2006).

1.5 Arter

1.5.1 Parkslide

Parkslide (*Reynoutria japonica* Houtt. tidigare *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.) är en flerårig örtväxt (Naturvårdsverket 2025d). Arten är inhemsk i Japan, Kina, Taiwan och i Syd- och Nordkorea (Wissman et al. 2015; Del Tredici 2017; Naturvårdsverket 2025c; SLU Artdatabanken 2026). Arten är både storväxt och snabbväxt. Den kan bli två till tre meter hög. Dess stjälkar är grova, ihåliga och bambuliknande. Stammen är förgrenad och är ljusgrön med röd-bruna fläckar (Beerling et al. 1994; Ryttäri 2023; SLU Artdatabanken 2026) (figur 5). Den ovanjordiska biomassan är annuell, det vill säga att varje vår skjuts det nya skott från rhizomen (Ryttäri 2023). Bladen är spetsiga med en bred bas (Shaw 2013; Ryttäri 2023).

Figur 5. Två olika parkslideplantor växande i Kalmars stadsträdgård samt längs trottoar i centrala Kalmar våren 2026. Foto: Elin Eliasson

Spridning

Parkslide kan spridas via frön eller vegetativa delar. Arten är en dioik, eller tvåbyggare, vilket innebär att han- och honblommor förekommer på olika han- respektive honplantor (Shaw 2013). I Sverige saknas rapporter om hanliga individer utan det tycks enbart förekomma honplantor (Naturvårdsverket 2025c; SLU Artdatabanken 2026). Detta innebär att arten sprids uteslutande vegetativt

och förhållandet tycks vara desamma i de flesta länder där arten introducerats (Shaw 2013).

Shaw (2013) skriver att vegetativ spridning sker från delar av rhizom, stjälk eller noder från stamdelar. Samtliga har förmågan att bilda rötter. En bit av rhizom på 0,7 gram har kunnat generera en helt ny planta (Shaw 2013). Parkslide bildar ett stort och sammanhängande bestånd med kraftiga rhizom med rhizomkronor (Wissman et al. 2015). Artens välutvecklade rotsystem bidrar till dess ofta stora och täta bestånd. Rhizomen har ringliknande strukturer var 2–4 centimeter och det är från dessa strukturer skott skjuts ut från. På undersidan av rhizomen finns adventivrötter som tränger ner i jorden (Shaw 2013). Rhizom och stamdelar är vitala upp till minst 13 månader (Colleran & Goodall 2014). Rotsystemet ligger djupt under markytan och dess lagrade resurser och kan skjuta nya skott flera år efter kemisk eller mekanisk bekämpning (Naturvårdverket 2025c). Rhizomen går lätt av och bidrar därför till spridning (Wissman et al. 2015). Parkslide är en snabbväxande art. Under våren, i mars och april, börjar parkslide växa (Naturvårdverket 2025c) (figur 6).

Figur 6.Tidiga skott av parkslide i en villaträdgård i Kalmar. Skotten beskrivs ofta påminna om sparris. Foto: Amanda Olofzon Larzon

Parkslidens stora spridning beror dels på artens regenerativa förmåga, dels på att människors aktivitet lett till spridning av vegetativa delar såsom felaktig hantering trädgårdsavfall, flytt av jord eller indirekt spridning via däck eller transport och otillräcklig bekämpning (Naturvårdsverket 2025c). Spridning av parkslide har skett genom att kompost innehållande vegetativa delar inte har tagits om hand på ett korrekt sätt (Shaw 2013). Arten sprids också via vattendrag eller åar, där bestånd växande uppströms sprider rhizom nedströms. Under bra förutsättningar kan en mindre bit av en stjälk bilda adventivrötter inom ett par dagar och därefter producera skott (Beerling et al. 1994).

Habitatkrav

I sitt naturliga habitat i Japan, Taiwan och Korea växer parkslide på soliga platser såsom kullar, berg och vägkanter (Wissman et al. 2015). Parkslide föredrar en växtplats där det finns mycket ljus och konkurrerar effektivt ut annan vegetation (Ryttäri 2023). Därför förekommer inte arten så ofta i skogsmiljöer eftersom den skuggas och försvagas där (Shaw 2013). I Europa saknar parkslide naturliga fiender (Wissman et al. 2015).

Arten har en hög tolerans på markförhållanden, och växer både i miljöer med pH mellan 3–8,5 (Beerling et al. 1994) och på jordar med kraftiga tungmetallföroreningar, salter eller låg tillgång på kväve (Shaw 2013; Wissman et al. 2015). Typiska livsmiljöer för parkslide återfinns är i miljöer som är störda av människan såsom ruderatmarker, banvallar, vägkanter, ödetomter, närheten av bebyggelse eller på platser där den tidigare planterats (Beerling et al. 1994; Wissman et al. 2015; Ryttäri 2023) såsom i trädgårdar och i städer.

Parkslide är en besvärlig art

Parkslide utgör ett hot mot den biologiska mångfalden genom att effektivt konkurrera ut inhemska arter genom sitt täta bestånd (Naturvårdsverket 2025c). Parksliden påverkar även arter genom bildning av allelopatiska metaboliter. Hishashi (2022) skriver att arten bildar allelopatiska metaboliter som frigörs från nedbrytning av dess växtdelar eller utsöndras via rhizom eller rotdelar. Dessa ämnen har en negativ påverkan genom att förhindra frögroning och tillväxt hos andra växtarter. Dessa ämnen minskar även tillgången på arbuskulära mykorrhiza svampar, som ingår i symbios med andra växtarter. Närvaron av parkslide har således en negativ inverkan på befintlig och naturlig växtlighet (Hishashi 2022).

Parkslide orsakar även ekonomisk skada. Den ekonomiska påverkan innefattas främst av de mekaniska skador parkslide kan orsaka då dess rotsystem utan svårigheter växer igenom och skadar asfalt, dränering, betong, avlopp och andra infrastruktur- och transportnät (Wissman et al. 2015).

Bekämpning

Bekämpning av parkslide är både ekonomisk kostsamt och en utdragen process. Att bekämpa äldre och större bestånd av parkslide kan vara nästan omöjligt eftersom det saknas effektiva bekämpningsmetoder (Smålander 2024). Vid nyetablerade plantor av parkslide finns störst chans till lyckad utrotning (Smålander 2024). Det mest effektiva sättet att bekämpa parkslide är med herbiciden glyfosat, men detta preparat är inget som går att köpa för allmänheten (FOR u.å.). Det finns alternativa bekämpningsmetoder som ej kräver växtskyddsmedel. Ett exempel är termisk behandling där värme från hetvatten ånga eller konduktiva värmestavar används för att avdöda arten (Naturvårdverket 2026).

1.5.2 Rölleka

Rölleka, (*Achillea millefolium* L.) är en flerårig ört (Ritika et al. 2023). Arten kommer ursprungligen från Europa och västra Asien, men är etablerad i de flesta tempererade områdena i världen (Zhang et al. 1996). Arten är mycket känd för sina medicinala egenskaper och dess historia som medicinalväxt omnämns redan i det antika Grekland, där Akilles använde växten för att läka sina sår från slagfältet, något som återspeglas i artens latinska namn (Prisa & Jamal 2025).

Prisa och Jamal (2025) beskriver att rölleka blir cirka 0,3 – 1 meter hög. Den växer upprätt och har gröna, håriga stjälkar (figur 7). Bladen sitter strödda och finflikiga, vilket ger dem ett fjärdelikt utseende. Rölleka bildar täta, korgliknande blomställningar som mäter 5 till 15 centimeter i diameter (Prisa & Jamal 2025). En planta kan producera upp till 4 000 frön per säsong (Bourdôt 1980 se Hanf 1974). Grobarhet upp till 99% är uppmätt när fröna förvarades i pendlande temperatur mellan 15–25 °C, med 8 timmar mörker och 16 timmar ljus (Warwick & Black 1982). Röllekafrön som förvarades i nio år under torra förhållanden i rumstemperatur grodde cirka 1/3 av fröna (Robocker 1977).

Figur 7. En växande röllekaplanta i Uppsala län. Foto: Theo Verwijst

Rölleka kan även reproducera sig vegetativt, genom rhizom (Warwick & Black 1982). Detta tycks dock i första hand vara i syfte att expandera på plats och konkurrera om näringsutnyttjande snarare än reproduktivt bilda nya plantor (Warwick & Black 1982 se Henson 1969). Rhizomet växer och utvecklas mest när temperaturen är mellan 5–20°C och går in i ett vilostadie när temperaturen sjunker; under hösten inför vintern (Maslova et al. 2013). I en studie av Bourdôt (1984) undersöktes olika längd och antal noder på rhizomfragment från rölleka och dess groningsförmåga på olika djup (0–30 cm). Rhizom som lades på markytan utan fukt sköt inga nya skott utan dog, till följd av uttorkning. Av 4 cm långa rhizomfragment sköt 63% av knopparna skott, 8 cm 44% och 16 cm 32%. Ett fynd från studien var att ju mindre fragment desto fler noder per längdenhet stimulerades till skott samtidigt som de hade lägre överlevnad. Detta förklaras av författaren berodde på att den apikala dominansen bryts när rhizomet fragmenteras vilket stimulerar fler noder till skottbildning (Bourdôt 1984).

1.5.3 Skräppa

Skräppa (*Rumex spp.* L.) är en flerårig ört med djupgående pålrot och saknar utlöpare, vilket gör den till en platsbunden perenn (Lundkvist 2014). Arten blir cirka 30–160 cm hög och återfinns på alla kontinenter i världen (Cavers & Harper

1964) men har troligen sitt ursprung i Europa och Afrika (Zaller 2004). Arten växer i de flesta habitat, men särskilt på marken som störts av människan såsom ruderatmarker, vägkanter och åkermarker (figur 8). Arten återfinns växande på alla slags jordtyper, förutom allt för sura jordar (Cavers & Harper 1964). Förekomst av skräppaplantor kan ibland ses som en indikator på bristfällig markförvaltning, eftersom övergödning, markpackning, otillräcklig etablering av grödan eller olika typ av fysisk skada på grödan kan kopplas till ökad förekomst av skräppa (Zaller 2004).

Figur 8. Skräppor växande längs trottoarer i Uppsala i början på juni 2026. Foto: Elin Eliasson

Frön från skräppa stimuleras till groning av ljus och varierande temperatur (Pye 2008). När fröet sedan grott och en juvenilplanta är etablerad genomgår plantan tre stadier: (1) rosettfasen, (2) sträckning och (3) blomning. Under rosettstadiet utvecklas en kraftig rot medan sträckningsfasen innebär intensiv celldelning och cellsträckning (Cavers & Harper 1964). Till dess att skräppans pålrot är helt utvecklad är plantan relativt långsamtväxande och konkurrenssvag (Cavers & Harper 1964). Arten övervintrar i rosettstadiet och återväxten börjar så snart vårvärmen kommer (Pye 2008). Pålroten fungerar som övervintrande lagringsorgan för näring vilket gör det möjligt att bilda nya skott på våren. De flesta skotten kommer från roten övre halva eller från rothalsen. Även en sönderdelad pålrot kan ge upphov till nya skott (Andersson & Ullvén 2019).

SLU Ogräsrådgivaren (u.å.) beskriver krusskräppans hjärtblad som lansettliknande och cirka 8–12 millimeter långa. Tidiga hjärtblad är nästan runda, med tydliga skaft och cirka 15–25 millimeter långa medan senare blad är alltmer ovala med vågiga eller krusiga kanter (Pye 2008). En fullvuxen planta växer upprätt med en kraftig stjälk och blir upp till en meter hög. De gröna blommorna är cirka 3 millimeter långa och sitter i stora klasliknande blomställningar (SLU ogräsrådgivaren u.å.). Blomningen inträffar mellan juni till oktober och det inträffar att plantor blommar två gånger under en säsong (Bond et al. 2007). Blommorna pollineras i huvudsak av vinden även om blommorna även uppskattas av humlor (Cavers & Harper 1964). Fröna som bildas är brunglänsande och trekantiga (SLU ogräsrådgivaren u.å.). Fröet är egentligen en nöt som omsluts av förstorade hylleblad (Pye 2008). Skräppans frö har ett hårt skal som överlever matsmältningsorganen hos nötkreatur (Dock Gustavsson 2006). En planta kan ge upphov till upp till 4000 frön per säsong (Andersson & Ullvén 2019; Kämmerling 2019) medan annan litteratur menar att variationen är stor, från 100 till 40 000 frön per planta och säsong. Frön från skräppa har uppvisat livsduglighet efter 80 år i jordens fröbank (Zaller 2004). Grobarheten är hög, ofta över 80%. Tusenkornsvikten varierar mellan 1–2 gram och generellt får fröet högre tusenkornsvikt ju närmre huvudskottet det är placerat (Cavers & Harper 1964).

Frön på en planta kan sitta kvar på moderplantan över vintern till nästkommande vår eller sommar (Cavers & Harper 1964). Artens frön sprids längre sträckor via djur eller vatten (Pye 2008).

1.6 Syfte

Syftet med studien var att undersöka om frön från arterna skräppa och rölleka och vegetativa växtdelar från arterna parkslide och rölleka överlevde rötning och vattenbad vid mesofila (37°C) respektive termofila (52°C) förhållanden för att utvärdera risken för spridning av dessa arter på åkermark via rötrester. Rölleka användes som modellväxt för att jämföra grobarhet/vitalitet med de mer allvarliga ogräsarterna skräppa och parkslide. I vissa av vattenbadsförsöken studerades även effekterna av temperatur 45°C och 70°C på grobarhet och/eller vitalitet hos arterna. Vidare undersöktes om vattenbad kan användas som ett enklare sätt att skatta fröns och vegetativa växtdelars överlevnad i en rötningsprocess vid en viss temperatur och tidsintervall.

1.7 Frågeställningar

1. Finns det skillnad i grobarhet och vitalitet mellan frön från skräppa och rölleka?

2. Finns det skillnad i vitalitet mellan vegetativa delar från parkslide och rölleka?
3. Finns det skillnad i vitalitet mellan frön och vegetativa delar från rölleka?
4. Finns det skillnad i vitalitet mellan olika vegetativa delar från parkslide?
5. Är vattenbad en mer konservativ metod än rötning?

1.8 Avgränsningar

Studien fokuserade på arterna skräppa, parkslide och rölleka (modellväxt). I rötningsexperimenten användes 32 dagar som den längsta rötningstiden, vilket skulle spegla en representativ uppehållstid i biogasanläggningar. Två temperaturer användes i rötningsexperimenten (37°C och 52°C) då dessa temperaturer är vanligast använda i biogasanläggningar. Rötningsförsöken syftade till att jämföra effekter av tid, temperatur på vitalitet hos växtdelar från de tre arterna medan exempelvis biogasproduktion inte inkluderade. I vattenbadsförsöken användes samma temperaturer och tider men även 45°C liksom 70°C (hygienisering) inkluderades. För gronings- och vitalitetstesten användes samma temperatur och fotoperiod i klimatskåpet.

2. Material och metod

2.1 Växtmaterial

2.1.1 Frömaterial

Skräppafrön samlades in i Falkenberg, Halland. i mitten av juli 2023. Fröna samlades in före drösning. Därefter förvarades fröna torrt, mörkt och svalt. Röllekafrön köptes in från företaget Impecta hösten 2025 (tabell 1).

Tabell 1. Ursprung av frömaterial som användes i vattenbads- och rötningsförsök.

Art	Ursprung	Tid för insamling
Rölleka	Inköpta från företaget Impecta	Hösten 2025
Skräppa	Falkenberg, Halland	Juli 2023

2.1.2 Vegetativt material

Rölleka samlades in i slutet av december 2025 och förvarades sedan i lådor med blomjord i mörkt kylrum, cirka 6°C. Parkslide samlades in i slutet av december 2025 samt i mars 2026. Även parksliden förvarades i lådor med blomjord i mörkt kylrum, cirka 6°C (tabell 2).

Tabell 2. Ursprung av vegetativt växtmaterial som användes i vattenbads- och rötningsförsök.

Art	Ursprung	Tid för insamling
Rölleka	Östra Uppsala	December 2025
Parkslide	Ultuna, Uppsala SWEREF99 TM N 6633267, E 649382 WGS84: 59°48'36.4"N 17°39'48.2"E	December 2025 Mars 2026

I vattenbadsförsök med rölleka användes bitar från rhizom och rothals. Se vidare i avsnitt 2.2. I rötning användes enbart bitar av rhizom. Rhizom avser de underjordiska rotutlöpare som löper ut från en planta och kan generera nya skott och ska ej förväxlas med vanliga rötter, vars främsta uppgift är att generera näring och vatten (figur 9).

Figur 9. Vegetativa delar av rölleka som användes i de olika experimenten. Till vänster ses rhizom där nya skott kommer från noderna som finns på rhizomet. Till höger ses en rothals, det vill säga övergången mellan det gröna, som växer ovan jord, och roten som växer under jord. Foto: Elin Eliasson

I vattenbadsförsök med parkslide användes stamdelar, rhizom och finare rhizom (figur 10). Stamdelar avser de delar som var fjolårets ovanjordiska stammar. I figur 10 är dessa inringade i rött. Rhizom avser större och kraftigare underjordiska rotdelar. I figur 10 är dessa inringade i orange. Finare rhizom är de rötter som utgår från rhizomen eller från rhizom-kronan och är i figur 10 inringade i grönt.

Figur 10. Vegetativa delarna av parkslide som användes i de olika försöken. Röd ring visar stamdel, orange ring visar rhizom och grön ring finare rhizom. Foto: Elin Eliasson

2.2 Material och metodöversikt

Tabell 3 sammanfattar försöksupplägget genom att visa vilka växtdelar som ingick från respektive art som inkluderats i grobarhetstest och/eller vitalitetstest, rötningsförsök samt vattenbadsförsök.

Tabell 3.Översikt över vilka växtdelar från ingående arter (rölleka, parkslide och skräppa) som ingick i respektive försök. Ett kryss (x) markerar att växtdelen inkluderats i försöket.

Art	Växtdel	Grobarhetstest/ vitalitetstest	Rötning	Vattenbad
Rölleka	Rhizom	x	x	x
	Rothals	x		x
	Frö	x	x	x
Parkslide	Stamdel	x		x
	Finare rhizom	x	x	x
	Rhizom	x		x
Skräppa	Frö	x	x	x

Figur 11 visar en metodöversikt över vilket växtmaterialet som användes i vilka försök och hur studien var upplagd.

Frön från skräppa och rölleka och vegetativa delar från parkslide och rölleka testades initialt genom grobarhets- och vitalitetstest för att få en uppskattning på materialets status.

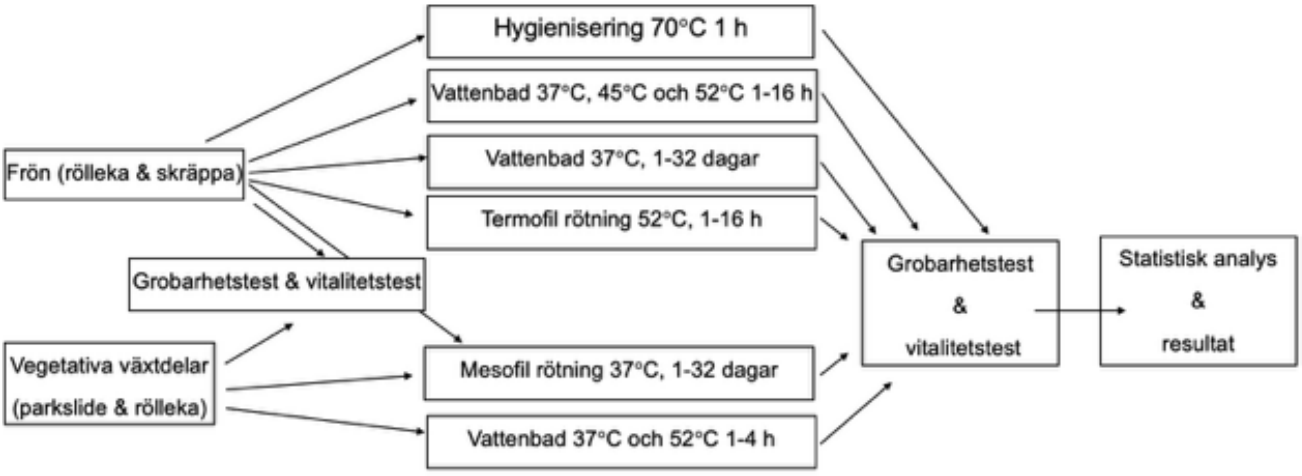
Frön från skräppa och rölleka användes i:

- ett hygieniseringstest (vattenbad, vid 70°C under en timma)
- ett vattenbadsförsök vid tre temperaturer (37°C, 45°C och 52°C) och fem tider (1, 2, 4, 8 och 16 h)
- ett vattenbadsförsök vid 37°C och sex tider (1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar)
- ett rötningsförsök vid 37°C och sex tider (1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar)
- ett rötningsförsök vid 52°C och fem tider (1, 2, 4, 8 och 16 h)

Vegetativt material från rölleka och parkslide ingick i:

- ett rötningsförsök vid 37°C och sex tider (1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar)
- ett vattenbadsförsök vid två temperaturer (37°C och 52°C) och fyra tider (1, 2 och 4 h)

Efter att försöken avslutats lades frön eller vegetativa delar på grobarhetstest och/eller vitalitetstest för att utvärdera effekten av temperatur och tid på grobarhet och/eller vitalitet.



Figur 11. Övergripande metodöversikt som beskriver arbetsgången i denna studie.

2.3 Grobarhets- och vitalitetstest

För att få ett utgångsvärde för de olika arterna grobarhet gjordes ett grobarhets- och vitalitetstest före försöken med vattenbad och rötning startades. Dessa resultat visar arternas initiala grobarhet och vitalitet.

Efter de olika rötning- och vattenbadsförsöken gjordes uppföljande grobarhets- och vitalitetstester för att utvärdera hur grobarhet/vitalitet hos frön/vegetativa delar påverkats av de olika försöksfaktorerna.

2.3.1 Grobarhetstest

Fyrtio frön per art placerades i fyra petriskålar med tio frön per petriskål. Fröna placerades på filterpapper som fuktats med vatten. Petriskålarna förseglades med parafilm för att förhindra uttorkning och bibehålla fukt. Varje petriskål märktes med art, behandling och replikat (1–4).

För vitalitetsförsöket med vegetativa delar från rölleka användes tre rothalsar och tre rhizomer till det initiala groningsförsöket. För parkslide användes tre finare rhizomer, tre rhizomer samt tre äldre stamdelar. De vegetativa delarna placerades på fuktat papper i plastskålar med tillhörande glaslock. Glaslocket placerades med en mindre luftspalt för att minska kondensbildning.

Petriskålar med frön och plastskålar med vegetativa delar placerades därefter i klimatskåp med följande klimatförhållanden; 20°C under dagen och 4°C under natten (figur 12). Fotoperioden var 16 timmar ljus och 8 timmar mörker. Materialet kontrollerades dagligen och förändringar noterades. Vid behov tillsattes vatten med blomspruta för att bibehålla fuktigheten eller att vattenkondens på locket torkades av vid för mycket fukt.

Figur 12. Grobarhets- och vitalitetsförsök. Frön placerade på fuktiga filterpapper och vegetativa delar placerade på fuktigt papper placerades i en odlingskammare (till vänster) vid 20 ℃ och ljus 16 timmar/dygn och 4 ℃ 8 timmar mörker/dygn. Till höger ses petriskålar med skräppafrön. Foto: Elin Eliasson

2.3.2 Tetrazoliumtest – vitalitetsbestämning hos frön

För att bestämma vitaliteten hos frön som inte grott under grobarhetsförsöket användes en biokemisk analysmetod, tetrazoliumtest. Tetrazoliumtest är ett enkelt och tidseffektivt sätt att bedöma fröers vitalitet (Souza et al. 2010).

Testet baseras på aktiviteten hos dehydrogenasenzymer, vilka katalyserar respiratoriska reaktioner i mitokondrierna (França-Neto & Krzyzanowski 2022). Eftersom testet visar huruvida enzymet är aktivt eller ej kan levande, vitala fröer skiljas från döda och inaktiva oavsett om fröna befinner sig i groningsvila (Souza et al. 2010; França-Neto & Krzyzanowski 2022; Elias & Garay u.å.). När den färglösa tetrazoliumlösningen är applicerat på ett frö kommer tetrazolium (TTC) ta sig in i fröets beståndsdelar och delta i respirationsprocessen genom att ta emot en fri vätejon. Genom att ta upp vätejonen kommer TTC att reduceras, vilket omvandlar det till den rödfärgade substanser formazan. Formazan gör att vävnaden i fröet blir rödfärgat, vilket indikerar att respiration i cellerna har skett och fröet är levande. Om fröets embryo inte färgas in, eller enbart får en lätt rosa färg tyder på icke respirerande och fröet är dött (França-Neto & Krzyzanowski 2022).

För att TTC ska kunna komma i kontakt med fröets beståndsdelar måste fröerna vara fuktade. Detta gör att respirationen kommer i gång och att vätejoner kan

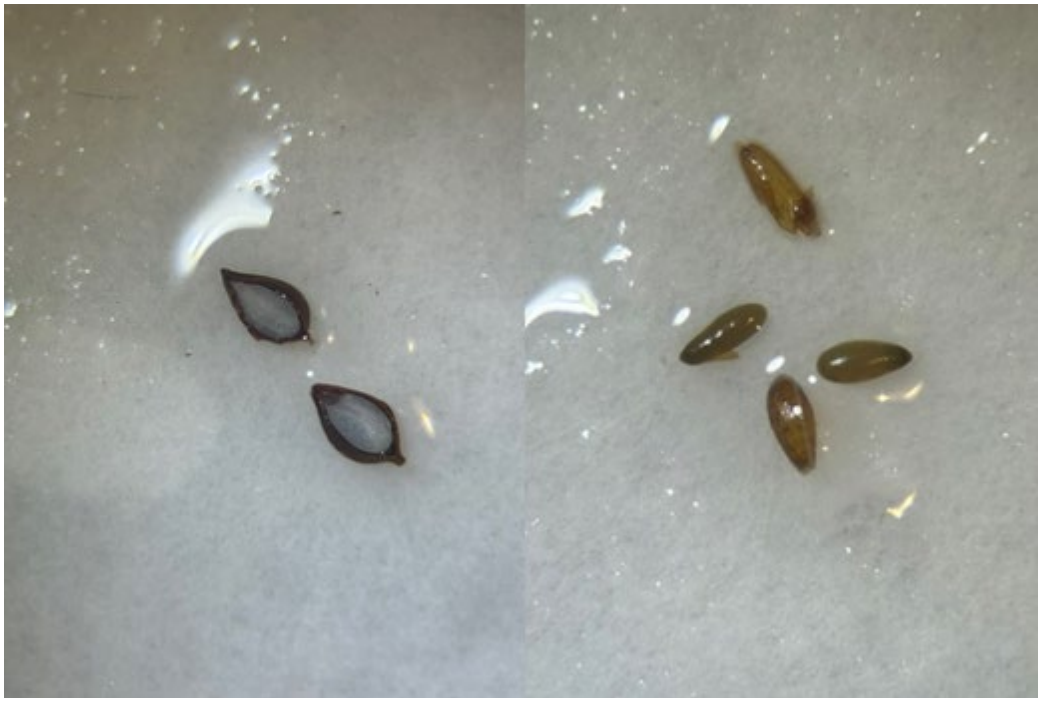
frigöras. Ibland kan det även vara nödvändigt att punktera fröna eller att dela på mitten för att blottlägga embryot för att TTC ska komma i kontakt med fröets beståndsdelar (Elias & Garay u.å.). Eftersom fröerna genomgått groningstest var de redan tillräckligt fuktade och punktering var inte nödvändig.

En 1,0% lösning av 2,3,5-trifenyl-tetrazoliumklorid bereddes genom lösning av tetrazoliumsalt i avjonat vatten. Lösningen bereddes inför studiens första analys och förvarades därefter mörkt i rumstemperatur.

De frön som inte grott under groningsförsöket togs åt sidan för att tetrazoliumtestas. Fröna placerades mellan två filterpapper och blötlades med cirka 3–5 ml 1% TTC. Petrisskålarna förslöts med lock och parafilm. Därefter placerades petriskålarna i ett klimatskåp i 30 °C, mörker och under 20 timmar för inkubation.

Efter cirka 20 timmar togs fröna fram och studerades under stereolupp. Fröet delades på längden med skalpell vilket möjliggjorde att embryot kunde studeras för att se om infärgning skett. Frön som var röda (levande) och vita (döda) räknades. En bedömning gjordes för varje frö där en tydlig infärgning av embryot och/eller rotanlag krävdes för att bedömas som positivt. Otydlig infärgning eller infärgning längs fröskal räknades ej som positiva (figur 13 och 14).

Figur 13. Frön med tydlig infärgning och därmed bedömts som vitala (levande). Till vänster ses ett skräppafrö och till höger ett röllekafrö. Foto: Elin Eliasson



Figur 14. Frön som visar avsaknad av infärgning av tetrazolium och därför bedöms som icke-vitala, det vill säga döda. Skräppafrö till vänster och röllekafrön till höger. Foto: Elin Eliasson

2.4 Försök

2.4.1 Kontroll

För att skatta grobarhet och vitalitet hos frön och vegetativt material gjordes ett initialt grobarhetstest hos fyrtio frön från varje art (skräppa och rölleka) samt från 2–3 olika vegetativa delar från varje art (rölleka och parkslide). Se vidare under avsnittet 2.3.1 och 2.3.2.

2.4.2 Hygienisering

Frön genomgick ett hygieniseringstest. Detta innebar att frön placerades i ett vattenbad i 70°C under en timma och därefter utvärderades dess grobarhet och vitalitet, se vidare under avsnitten ”2.5.1 Grobarhets- och vitalitetstest” och ”2.5.2 tetrazoliumtest”. Fyrtio frön (10 x 4 upprepningar) från varje art (skräppa och rölleka) användes.

2.4.3 Rötning

Försöksupplägg

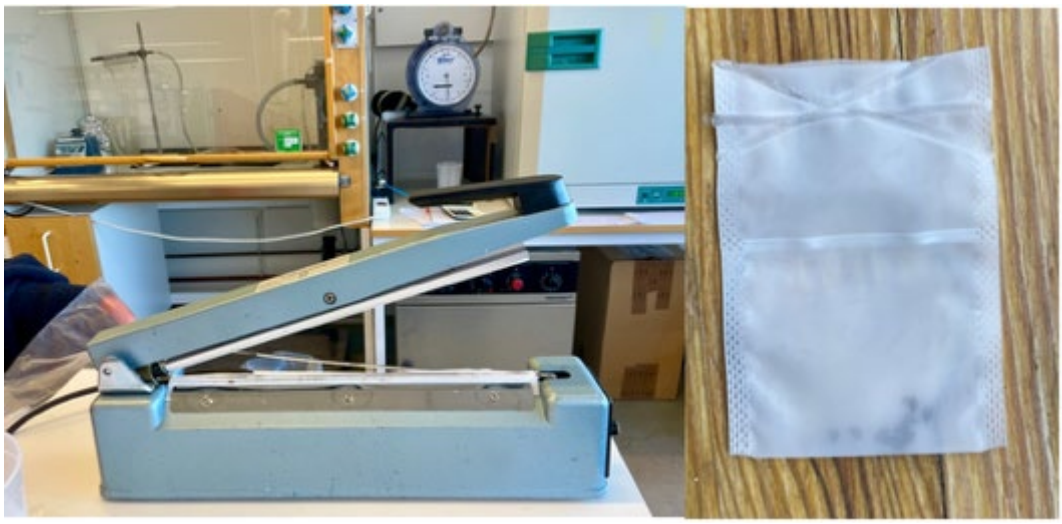
Rötningsförsöket bestod av två delar där frön respektive vegetativa delar studerades.

Försöksdelen med frön var upplagt som ett randomiserat trefaktoriellt försök med fyra upprepningar. I delförsöket användes: (1) frön från skräppa och rölleka, (2) två temperaturer, 37°C (mesofil) och 52°C (termofil) och (3) sex olika tidsintervaller: 1, 2 ,4, 8, 16 och 32 dagar vid mesofil rötning respektive 1, 2, 4, 8, 16 och 32 timmar för termofil rötning.

Försöksdelen med vegetativa delar var upplagt som ett randomiserat tvåfaktoriellt försök med fyra upprepningar och utfördes vid 37°C (mesofil). I delförsöket användes (1) vegetativt material från parkslide och rölleka och (2) sex olika tidsintervaller 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar.

Rötningsprocessen

För skräppa och rölleka fylldes fyrtio småmaskiga påsar med tio frön per påse, totalt 96 påsar med frön. För röllekas och parkslidens vegetativa material användes totalt 24 påsar med 4 vegetativa delar per påse och art. Påsarna förslöts med värmepress (figur 15). Påsarna var tillverkade i en värmetålig polyester som ej bröts ned under rötningsprocessen. Påsen var småmaskig vilket tillät rötresterna att flöda igenom påsen.



Figur 15. Värmepressen som användes för att försluta påsarna till rötningsförsöket. Påsarna med frön förslöts tre gånger, först rakt över och sedan som ett kryss, för att förhindra att det förekom några hål i påsen. Foto: Elin Eliasson

En påse placerades i en flaska för respektive tid och temperatur. Cirka 100 ml rötrest från en befintlig biogasprocess användes per flaska, vilket var tillräcklig mängd för att täcka påsarna. Rötresten hämtades från en gårdsanläggning på Ola gård, utanför Knutby. Denna biogasanläggning använde främst kogödsel från mjölkproduktion som substrat och rötresterna användes till växtnäring. Gården är ekocertifierad. Rötrestens pH mättes till 8,14. Rötrestens TS (total solids)

beräknades till 7,41% och VS (Volatile solids i % av TS) till 71,6%. TS, det vill säga torrsubstansen, visar hur flytande eller fast rötresten är. I samrötningskammare är TS ofta mellan 3–7% vilket är en hög vattenhalt (Energigas Sverige 2025). VS, volatile solids eller hur stor andel organiskt material av torrsubstansen, mättes till 71,6%. Detta innebär att 71,6% av rötrestens TS består av organiskt material, medan resterande andel är oorganiskt och kan därför inte brytas ned och därför förblir som aska efter bränning. Ett prov på rötresten som skickades till företaget AgriLab för analys visade att rötresten innehöll 4 kg/ton prov totalt kväve, andelen ammoninumkväve (NH_4^+) var 2,2 kg/ton prov och C/N kvoten var 7,1.

För både den mesofila och termofila rötningen startade behandlingstiden från det att rötresten hälldes i flaskorna. För att se till att flaskorna höll en syrefri, anaerob miljö förslöts flaskorna med en gummipropp och aluminiumring. Vid den mesofila rötningen skapades en syrefri miljö genom att byta gasfas i flaskorna, det vill säga aktivt pumpa ut luft, och därmed syre, och pumpa in kvävgas, bildades en syrefri miljö. Flaskorna placerades sedan på en platta med konstant omrörning (130 varv/minut) och i ett rum tempererat till 37°C (figur 16).

Figur 16. Till vänster; Mesofila flaskor vid ändring av gasfas, det vill säga att luft ersättes med kvävgas, för att säkerställa den anaeroba miljön. Till höger: Mesofila flaskor placerade på en platta med kontinuerlig omrörning i ett rum med temperaturen 37℃. Foto: Elin Eliasson

För den termofila rötningen skapades en syrefri miljö genom att flaskorna flushades med kvävgas före, under och efter att rötrester hällts i flaskorna.

Därefter sattes en gummipropp och aluminiumring på för att bibehålla anaerob miljö i flaskorna. Flaskorna placerades sedan på en platta med konstant omrörning på 100 varv/minut i ett skåp som höll 52°C (figur 17).

Figur 17. Till vänster: Skåp med 52 ℃ som användes för den termofila delen av rötningsförsöket. Till höger: Flaskor flushades med kvävgas, som kommer ur plaströren, före förslutning av flaskorna med gummimembran och lock av aluminium.

Under försökets gång kontrollerades de mesofila flaskornas tryck och vid behov tömdes flaskorna på gas för att undvika övertryck och därmed risken för att flaskorna skulle explodera. Trycket mättes med en tryckmätare. Trycket kunde sedan tömmas genom att en plastpåse kopplades till flaskan via en kanyl genom membranet på locket.

Flaskorna plockades ut efter 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar (mesofil rötning) respektive 1, 2, 4, 8, 16 och 32 timmar (termofil rötning). Flaskorna öppnades ovanför en sil och påsarna med frön och vegetativt material sköljdes i ljummet vatten. Frön och vegetativt material sköljdes rena med vatten och placerades sedan för grobarhetsförsök och tetrazoliumtest, se avsnitt 2.3.1 och 2.3.2.

2.4.4 Vattenbad

Försöksupplägg och vattenbadsprocess – frön (37 ℃, 45 ℃ och 52 ℃ under 1, 2, 4, 8 och 16 h)

Försöket var upplagt som ett randomiserat trefaktoriellt försök med fyra upprepningar. I försöket användes de tre faktorerna: (1) frön från två arter (rölleka

och skräppa), (2) tre olika temperaturer, 37°C (mesofilt), 45°C samt 52°C (termofilt) i fyra upprepningar och (3) fem olika tidsintervaller: 1, 2, 4, 8 och 16 timmar.

För varje art fylldes småmaskiga påsar med 10 frön per påse. Totalt användes 120 påsar (2 arter*3 temperaturer*5 tider*4 upprepningar). Efter att fröna placerats i påsar och dessa förslutits med gem sänkes de ner i en tiolitershink där en sous vide användes för att hålla exakt temperatur. Temperaturen kontrollerades med en termometer. Efter utsatt tid togs fröpåsarna upp ur vattenbadet och genomgick grobarhetsförsök och tetrazoliumtest, se avsnitt 2.5.1 och 2.5.2.

Försöksupplägg och vattenbadsprocess – frön (37℃ under 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar)

Försöket var upplagt som ett randomiserat tvåfaktoriellt försök med fyra upprepningar. I försöket studerades följande två faktorer: (1) frön från två arter (rölleka och skräppa) och (2) sex olika tidsintervaller: 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar.

För varje art fylldes tepåsar med 10 frön per påse. Totalt användes 48 påsar (2 arter*6 tider*4 upprepningar). Efter att fröna placerats i tepåsar och dessa förslutits med plastgem sänktes de ner i en tiolitershink där en sous vide användes för att hålla exakt temperatur. Temperaturen kontrollerades med en termometer. Tioliterhinkarna fylldes på med vatten vid behov liksom sous vide byttes efter halva tiden. Efter utsatt tid togs fröpåsarna upp från vattenbadet och genomgick grobarhetsförsök och tetrazoliumtest se avsnitt 2.5.1. och 2.5.2.

Försöksupplägg och vattenbadsprocess - vegetativt material (37℃ och 52℃ under 1, 2 och 4 h)

Försöket var upplagt som ett randomiserat trefaktoriellt försök med fyra upprepningar. I försöket användes de tre faktorerna: (1) vegetativt material från två arter (rölleka: rhizom och rothalsar; parkslide: finare rhizom, rhizom och stamdelar), (2) två olika temperaturer, 37°C (mesofilt) och 52°C (termofilt) i fyra upprepningar och (3) tre olika tidsintervaller: 1, 2, och 4 h.

Vegetativt material togs från förvaringen i kylrum. Materialet tvättades rent med vatten och skars i lämpliga storlekar, cirka 5 cm för rotdelar och två till fyra cm för rothalsar.

För rölleka användes rhizom och rothalsar. Tepåsar fylldes med fem vegetativa delar/påse där samma typ av vegetativ del placerades i samma påse. För parkslide användes finrötter, större rotdelar och stamdelar. Finrötterna studerades vid 37°C (mesofilt) och 52°C (termofil) under 1, 2 och 4 h med fyra finrötter/påse.

Stamdelar och större rhizom undersöktes enbart vid 37°C (mesofilt) under 4 h med fyra rot- eller stamdelar i varje påse. Orsaken till att färre vegetativa delar/påse användes för parkslide var att tillgången på växtmaterial var begränsat Totalt användes 80 påsar.

Tepåsarna sänktes ner i en tiolitershink där en sous vide användes för att hålla jämn temperatur i vattnet (figur 18). Temperaturen kontrollerades med en termometer. Efter utsatt tid togs tepåsarna med vegetativt material upp från vattenbadet och genomgick grobarhetsförsök, se avsnitt 2.5.1.

Figur 18. Till vänster: Vattenbad på vegetativt material som placerats i tepåsar. Till höger: En röllekaplanta inför vattenbad i 37 ℃. Foto: Elin Eliasson

2.4.5 Totalt antal levande fröer och vegetativa växtdelar

För att beräkna det totala antalet levande frön och vegetativa växtdelar (vitalitet) före och efter utförda försök användes formlerna nedan. Genom att summera antal grodda frön med de frön som hade ett positivt tetrazoliumtest och dividera detta med det totala antalet frön kunde totalt antal levande frön beräknas. Motsvarande beräknades för de vegetativa delarna, där de vegetativa delar som visade vitalitet dividerades med totala antalet vegetativa delar.

$$Vitalitet = \frac{\Sigma \text{ Grodda frön } + \Sigma \text{ positivt TTC test}}{\Sigma \, Totalt \; atal \; frön \; testade}$$

$$Vitalitet = \frac{\Sigma \text{ Antal vegetativa delar som visade vitalitet}}{\Sigma \, Totalt \; antal \; vegetativa \; delar \; testade}$$

Dessa formler beskriver andelen levande frön eller vegetativa delar antingen före eller efter försöket ägt rum. Σ Grodda frön avser det antal frön som grodde efter grobarhetstest. Σ positivt TTC test är de fröer som inte grodde vid grobarhetstestet, men som ändå har ett positivt utslag vid TTC testet. Detta innefattar exempelvis fröer som är vitala men är i groningsvila. Σ Antal frön testade avser det totala antalet fröer, liksom Σ totala antalet vegetativa delar testade avser det totala antalet vegetativa delar som ingick i försöket.

2.5 Statistisk analys

Datainsamlingen från de olika försöken utvärderades i statistikprogrammet SAS version 9.4 med proceduren logistic (SAS institute 2015). Temperatur (3), art (3) och tid (5, 6) analyserades som kategoriska variabler. En generaliserad linjär modell användes för att modellera (i) andelen grodda och levande frön och (ii) levande vegetativa växtdelar med en binomial fördelning och logit-länk. Modellen innehöll alla huvudeffekter och samspel samt parvisa jämförelser. Parvisa jämförelser analyserades med Tukeys metod. Om $p<0,05$ anses det föreligga en statistiskt signifikant effekt. Firth penalized likelihood användes. Eventuell överspridning justerades med Pearson goodness-of-fit.

3. Resultat

3.1 Kontroll

3.1.1 Frön (skräppa och rölleka)

Resultatet från kontrollförsöket visade att fröna från rölleka och skräppa hade hög grobarhet och vitalitet (98% respektive 100%) (tabell 4).

Tabell 4. Kontrollförsök av grobarhet (%) och vitalitet (%) från arterna skräppa och rölleka.

Kontroll		Groning hos frön			Vitalitet hos frön		
		Antal frön	Antal grodda	Grobarhet	Antal döda	Antal levande	vitalitet
Art	Skräppa	40	40	100%	0	40	100%
	Rölleka	40	39	98%	1	39	98%

3.1.2 Vegetativa delar (parkslide och rölleka)

Resultatet från kontrollförsöket visade att alla vegetativa delar från parkslide och rölleka hade hög vitalitet genom tillväxt av skott och nya rötter (tabell 5 och figur 19).

Tabell 5. Kontrollförsök av vitalitet (%) hos vegetativa delar från arterna parkslide och rölleka.

Kontroll				Vitalitet hos vegetativa delar		
		Växtdel	Antal delar	Antal döda	Antal levande	Vitalitet
Art	Parkslide	Rhizom	3	0	3	100%
		Finare rhizom	3	0	3	100%
		Stamdel	3	0	3	100%
	Rölleka	rhizom	3	0	3	100%
		rothals	3	0	3	100%

Figur 19. Tre stamdelar av parkslide dag 1 (till vänster) jämfört med sista dagen av kontrolltestet (till höger). De tre stamdelarna visade tydliga tecken på vitalitet genom att nya rötter utvecklats. Foto: Elin Eliasson

3.2 Hygienisering (frön)

Alla frön från skräppa och rölleka var döda, det vill säga att ingen groning eller positiva tetrazoliumtest kunde påvisas, efter behandling i vattenbad vid 70°C under en timme.

3.3 Grobarhet och vitalitet hos frön (skräppa och rölleka)

Nedan presenteras försöksresultat för att svara på frågeställning 1: Finns det skillnad i grobarhet och vitalitet mellan frön från skräppa och rölleka?

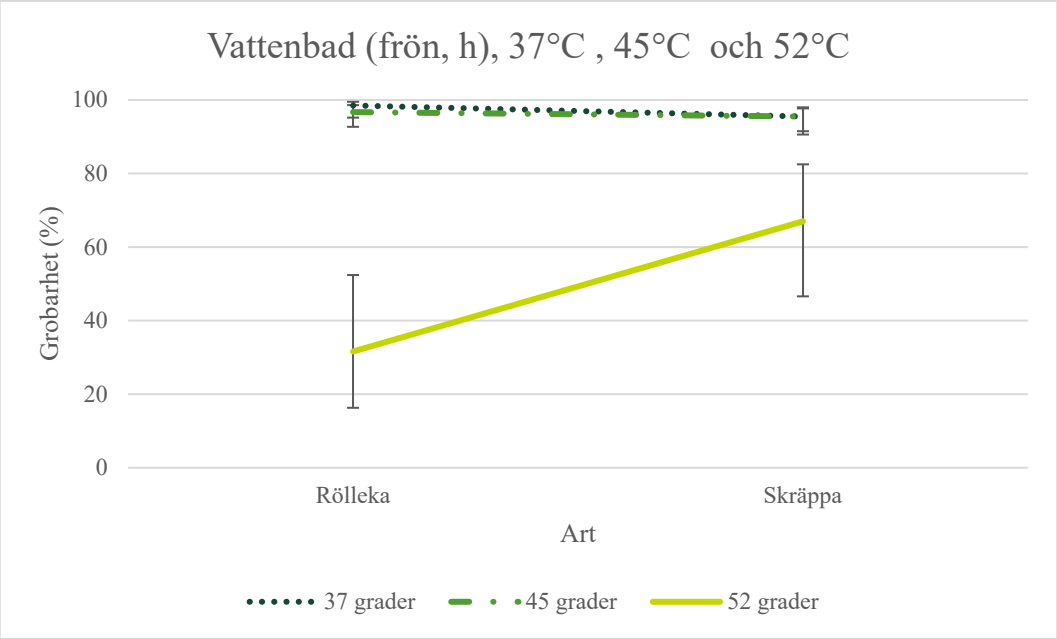
3.3.1 Vattenbadsförsök (37°C, 45°C och 52°C under 1, 2, 4, 8, och 16 h)

Det fanns signifikanta skillnader för både grobarhet och vitalitet för faktorerna temperatur, tid och samspelet temperatur*tid (tabell 6). För grobarhet fanns även signifikans för samspelet temperatur*art. Groning och vitalitet var signifikant lägre vid 52°C jämfört med 37°C och 45°C. Grobarhet och vitalitet var ungefär densamma efter 1, 2 respektive 4 h. Efter 8 och 16 h sjönk grobarhet och vitalitet signifikant och var som lägst efter 16 h. Inga signifikanta skillnader hittades för grobarhet och vitalitet mellan arterna.

Tabell 6. Skattade medelvärden samt undre- och övre konfidensintervall (KI) för grobarhet och vitalitet. Vattenbadsförsök med faktorerna: temperatur (37℃, 45℃ och 52℃), art (rölleka och skräppa) och tidsintervall (1, 2, 4, 8 och 16 timmar). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (p<0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor.

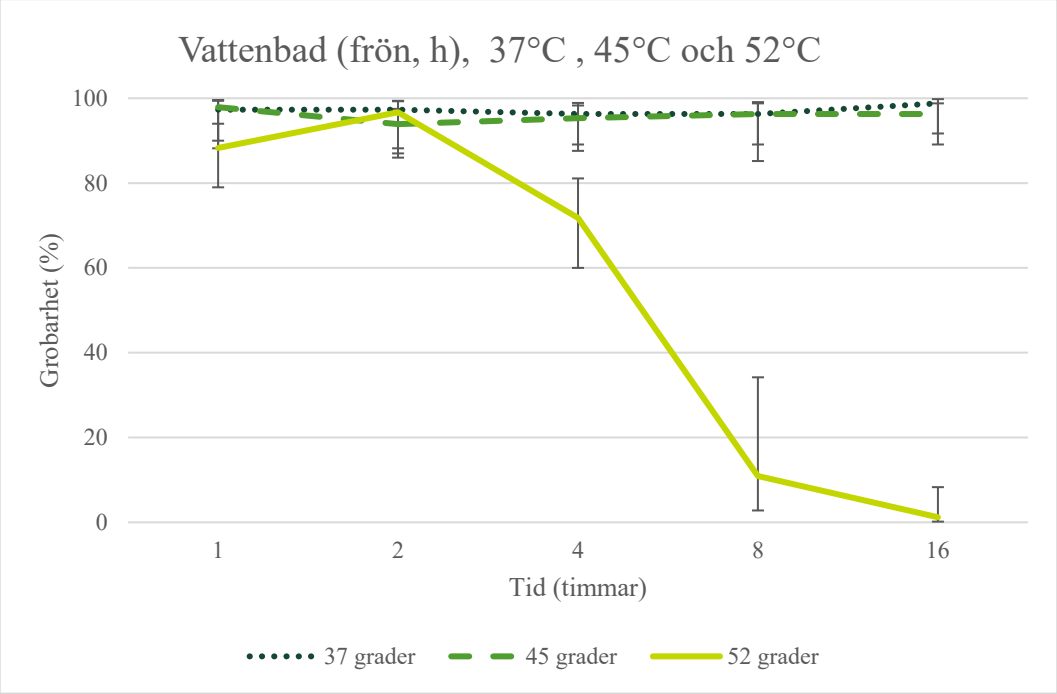
Vattenbad		Grobarhet hos frön			Vitalitet hos frön		
		Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%	Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%
Temp	37°C	0,974[a]	0,948	0,987	0,980[a]	0,958	0,991
	45°C	0,962[a]	0,936	0,977	0,978[a]	0,955	0,989
	52°C	0,492[b]	0,346	0,640	0,671[b]	0,546	0,776
Art	Rölleka	0,906[a]	0,846	0,944	0,935[a]	0,893	0,961
	Skräppa	0,906[a]	0,861	0,938	0,950[a]	0,914	0,971
Tid (h)	1	0,959[a]	0,913	0,981	0,973[a]	0,936	0,989
	2	0,962[a]	0,920	0,982	0,977[a]	0,944	0,991
	4	0,917[ac]	0,864	0,950	0,954[ab]	0,903	0,978
	8	0,813[bc]	0,663	0,906	0,899[ab]	0,804	0,951
	16	0,749[bc]	0,518	0,892	0,812[b]	0,610	0,923

I figur 20 visas samspelet temperatur*art för grobarhet, dvs. hur grobarheten hos arterna påverkades av temperaturerna 37°C, 45°C och 52°C i genomsnitt över inkubationstiden. För båda arterna var grobarheten signifikant lägre vid 52°C jämfört med 37°C och 45°C. Grobarheten för rölleka låg lägre än för skräppa vid 52°C.



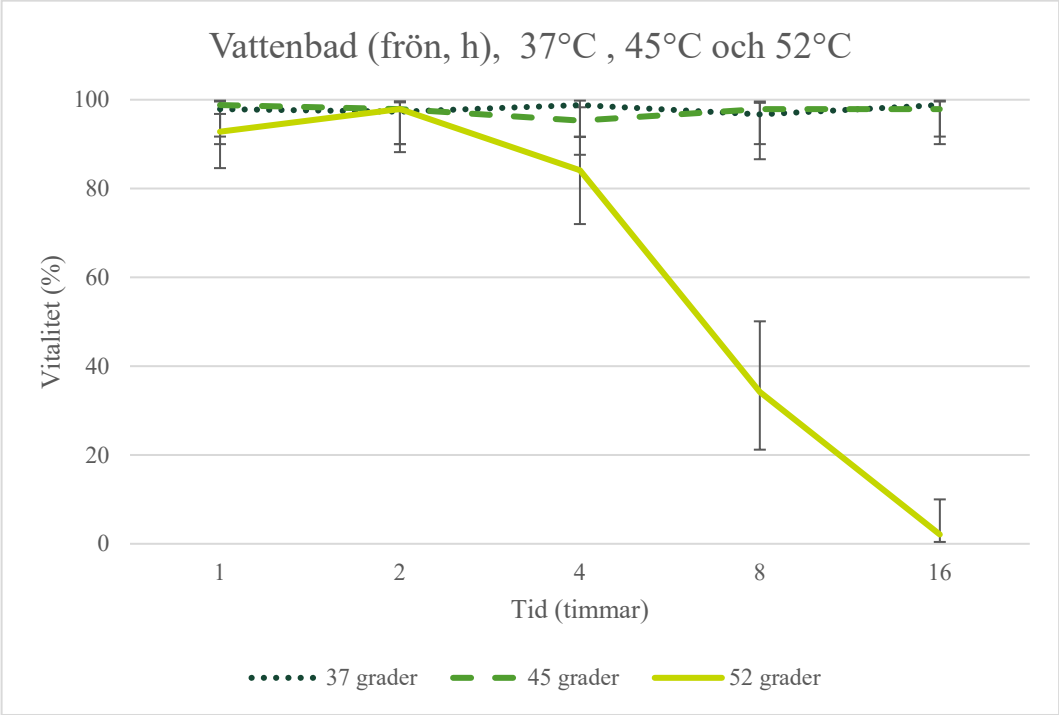
Figur 20. Grobarhet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbadsförsök vid temperaturerna 37 ℃, 45 ℃ och 52 ℃ (medel och konfidensintervall).

Inga signifikanta skillnader hittades i grobarhet mellan de tre temperaturerna efter 1 respektive 2 h (figur 21). Vid 4 h minskade grobarheten signifikant vid 52°C jämfört med 37°C och 45°C och den fortsatte att minska efter 8 respektive 16 h.



Figur 21. Grobarhet hos frön (%) vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbadsförsök vid tre temperaturerna 37 ℃, 45 ℃ och 52 ℃ (medel och konfidensintervall).

Vitaliteten hos fröerna påverkades av temperatur vid olika tider (figur 22) i samspelet temperatur*tid för vitalitet. Inga signifikanta skillnader hittades i vitalitet mellan de tre temperaturerna efter 1 respektive 2 h. Vid 4 h minskade vitaliteten signifikant vid 52°C jämfört med 37°C och 45°C och den fortsatte att minska efter 8 respektive 16 h.



Figur 22. Vitalitet hos frön (%) vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbadsförsök vid temperaturerna 37 ℃, 45 ℃ och 52 ℃ (medel och konfidensintervall).

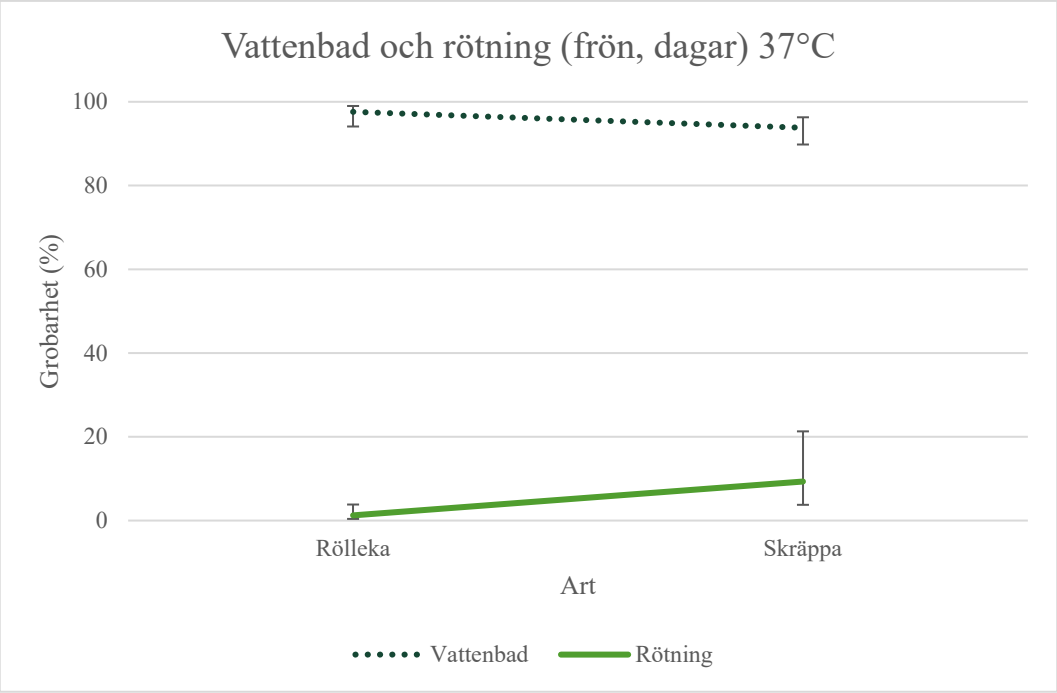
3.3.2 Vattenbad och rötning (37°C under 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar)

Det fanns signifikanta skillnader för grobarhet för faktorn metod och samspelen metod*art, metod*tid och art*tid (tabell 7, figurer 23–25). För vitalitet hittades signifikanta skillnader för faktorerna metod, art och tid samt för samspelen metod*art och metod*tid (tabell 7 och figurer 26 och 27). Medelvärdena för grobarhet och vitalitet var signifikant högre vid vattenbad (cirka 95–96%) än vid rötning (cirka 4–14%). Skräppa hade signifikant högre vitalitet (cirka 80%) jämfört med rölleka (cirka 59%). Vitaliteten sjönk över tid och efter 32 dagar var den signifikant lägre (cirka 40%) än vid dag 1 (cirka 78%).

Tabell 7. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för grobarhet och vitalitet hos frön. Försök vid 37 ℃ med faktorerna: metod (vattenbad och rötning), art (rölleka och skräppa) och tidsintervall (1, 2, 4, 8 och 16 dagar). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (P<0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor.

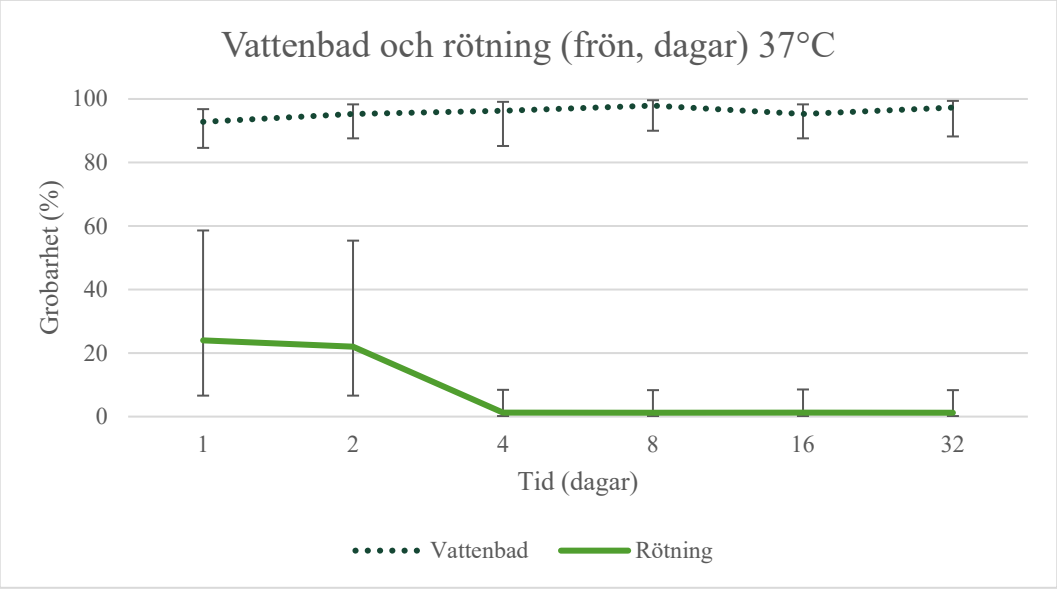
Temperatur 37°C		Grobarhet hos frön			Vitalitet hos frön		
		Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%	Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%
Metod	Rötning	0,0345[a]	0,017	0,071	0,138[a]	0,086	0,215
	Vattenbad	0,961[b]	0,935	0,977	0,972[b]	0,950	0,985
Art	Rölleka	0,414[a]	0,252	0,597	0,589[a]	0,424	0,737
	Skräppa	0,555[a]	0,418	0,685	0,797[b]	0,711	0,863
Tid (d)	1	0,668[a]	0,460	0,827	0,867[a]	0,784	0,921
	2	0,704[a]	0,490	0,855	0,804[ab]	0,676	0,890
	4	0,362[a]	0,140	0,663	0,768[ab]	0,575	0,890
	8	0,430[a]	0,172	0,733	0,726[ab]	0,436	0,901
	16	0,335[a]	0,141	0,609	0,537[ab]	0,273	0,782
	32	0,400[a]	0,157	0,701	0,398[b]	0,157	0,701

Samspelet metod*art, dvs hur vattenbad respektive rötning påverkade grobarheten hos frön från rölleka och skräppa i genomsnitt över tid (figur 23). Vid vattenbad var grobarheten något högre för rölleka (cirka 98%) än för skräppa (cirka 94%) medan det motsatta förhållandet hittades för rötning (rölleka: cirka 1% och skräppa: cirka 9%).



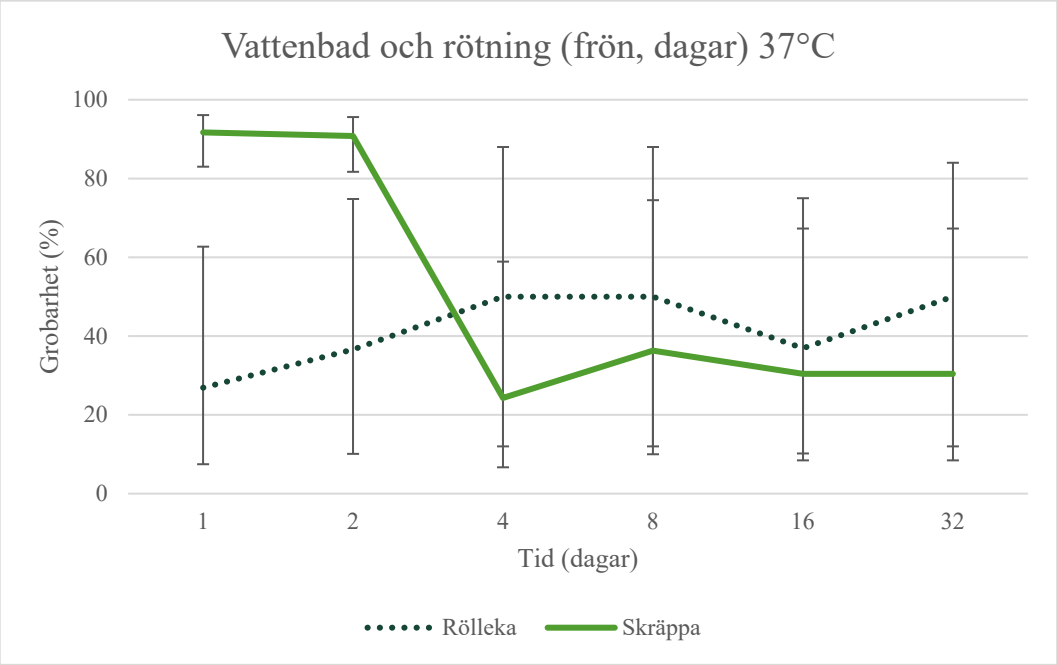
Figur 23. Grobarhet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbad och rötning vid 37℃ i genomsnitt över tid (medel och konfidensintervall).

I figur 24 visas samspelet metod*tid, dvs. hur vattenbad respektive rötning påverkade grobarheten över tid. Grobarheten efter vattenbad låg på cirka 95% över tid medan grobarheten efter rötning låg på cirka 24% efter 1 och 2 dagar för att sedan sjunka till cirka 1% vid resterande tidpunkter (4, 8, 16 och 32 dagar).



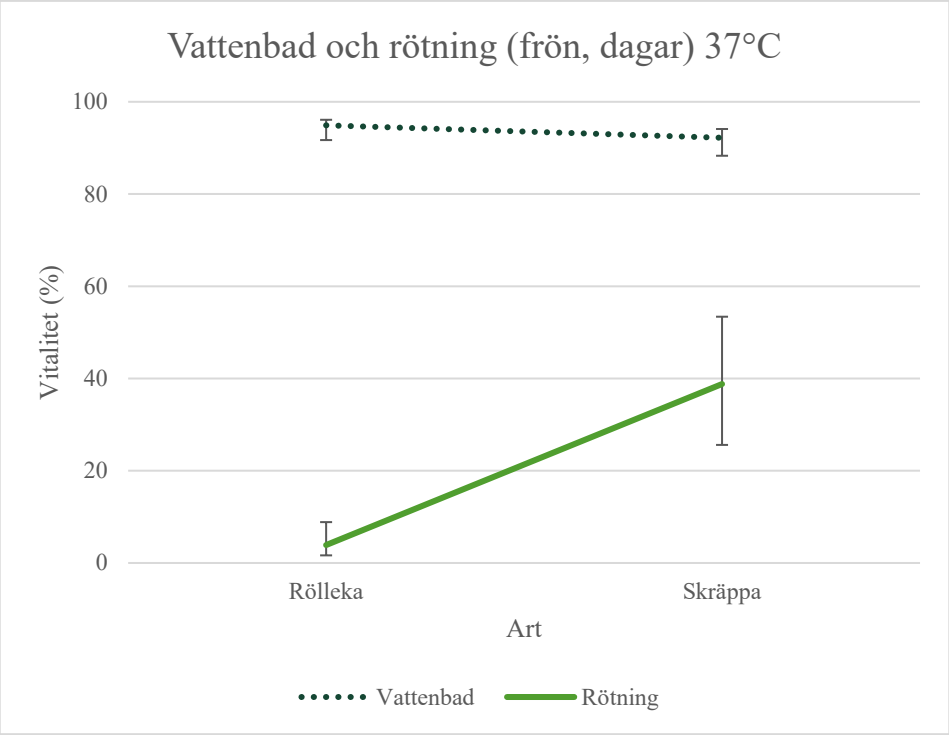
Figur 24. Grobarhet (%) hos frön över tid (1–32 dagar) efter vattenbad och rötning vid 37℃ (medel och konfidensintervall).

Resultatet visar signifikanta skillnader i samspelet art*tid, dvs. hur grobarheten hos rölleka och skräppa påverkades över tid i genomsnitt över metod (figur 25). Grobarheten hos skräppa låg på cirka 90% efter 1 respektive 2 dagar för att sedan sjunka till cirka 25–36% vid resterande tidpunkter (4, 8, 16 och 32 dagar). Hos rölleka ökade grobarheten från cirka 27% till 50% mellan dag 1 och dag 4 för att sedan pendla mellan 37–50% resterande tidpunkter (8, 16 och 32 dagar).



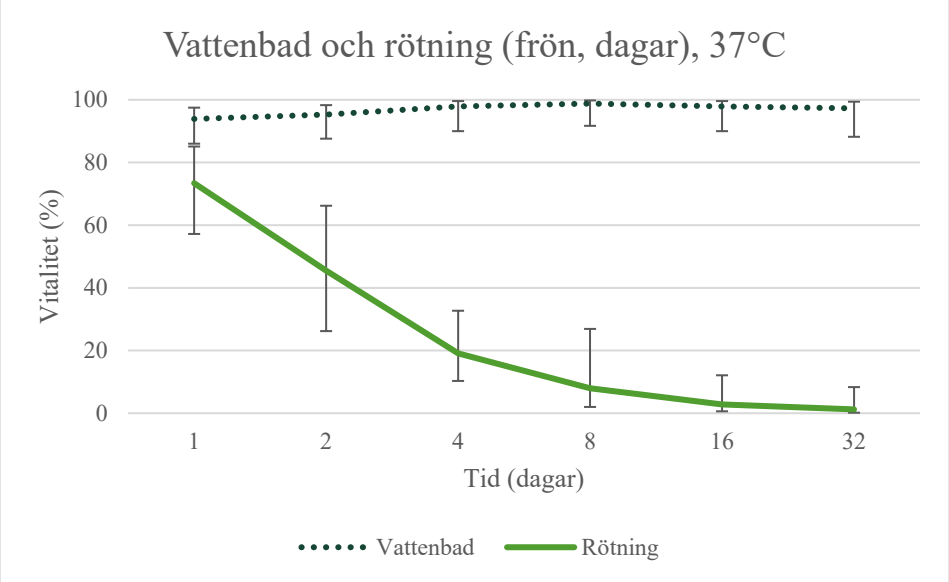
Figur 25 Grobarhet (%), i genomsnitt över metod, hos frön av rölleka och skräppa över tid (1–32 dagar) vid 37 ℃ (medel och konfidensintervall).

Vid vattenbad var vitaliteten ungefär lika för arterna (96–98%) medan skräppa visade högre vitalitet (cirka 39%) än rölleka (cirka 4%) efter rötning.
Detta visar samspelet metod*art, dvs. hur vattenbad respektive rötning påverkade vitaliteten hos rölleka och skräppa i genomsnitt över tid (figur 26).



Figur 26. Vitalitet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbad och rötning vid 37 °C i genomsnitt över tid (medel och konfidensintervall).

Resultatet visar skillnader mellan samspelet metod*tid, dvs. hur vattenbad respektive rötning påverkade frönas vitalitet över tid (figur 27). Vitaliteten efter vattenbad låg på cirka 94–99% över tid medan vitaliteten efter rötning sjönk från cirka 73% dag 1 till 1% dag 32.



Figur 27. Vitalitet (%) hos frön över tid (1–32 dagar) efter inkubation i vattenbad och under rötning vid 37 °C (medel och konfidensintervall).

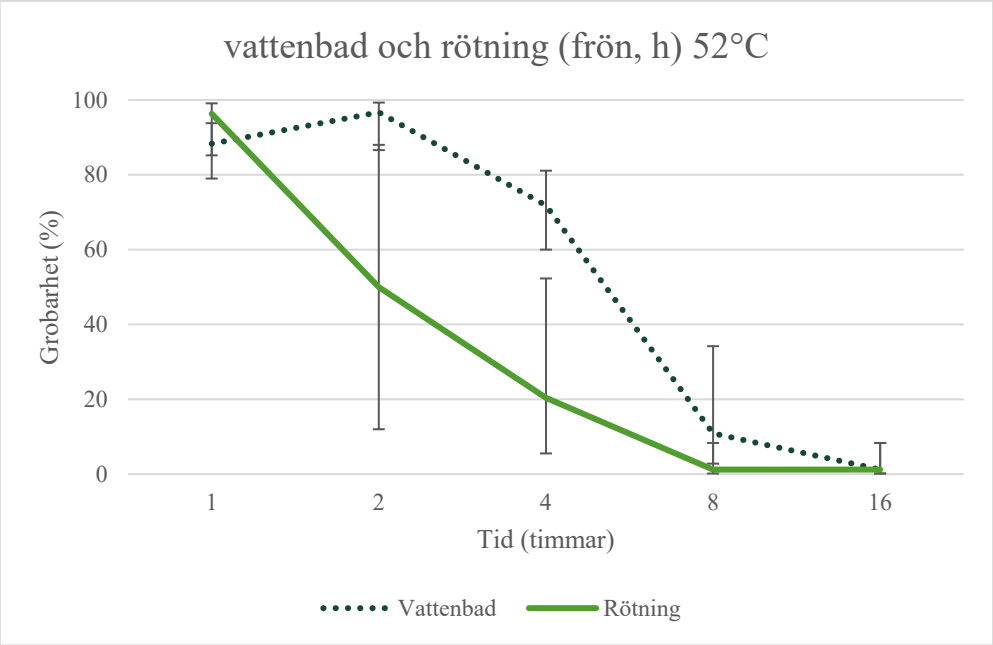
3.3.3 Vattenbad och rötning (52°C under 1, 2, 4, 8 och 16 h)

Det fanns signifikanta skillnader för både grobarhet och vitalitet för faktorerna metod, art och tid (tabell 8) samt för samspelen metod*tid, art*tid (figurer 28–29, 31–32) och metod*art*tid. För vitalitet fanns även signifikans för samspelet metod*art (figur 30). Groning och vitalitet var signifikant lägre vid rötning (20–40%) jämfört med vattenbad (49–67%). Vidare var grobarhet och vitalitet signifikant lägre för rölleka (15–25%) jämfört med skräppa (57–80%). Grobarhet och vitalitet var ungefär densamma efter 1 respektive 2 h (84–96%). Efter 4, 8 och 16 h sjönk grobarhet och vitalitet signifikant och var som lägst efter 16 h oberoende av metod (cirka 1–5 %).

Tabell 8. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för grobarhet och vitalitet. Försök vid 52 ℃ med faktorerna: metod (vattenbad och rötning), art (rölleka och skräppa) och tidsintervall (1, 2, 4, 8 och 16 h). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (P <0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor.

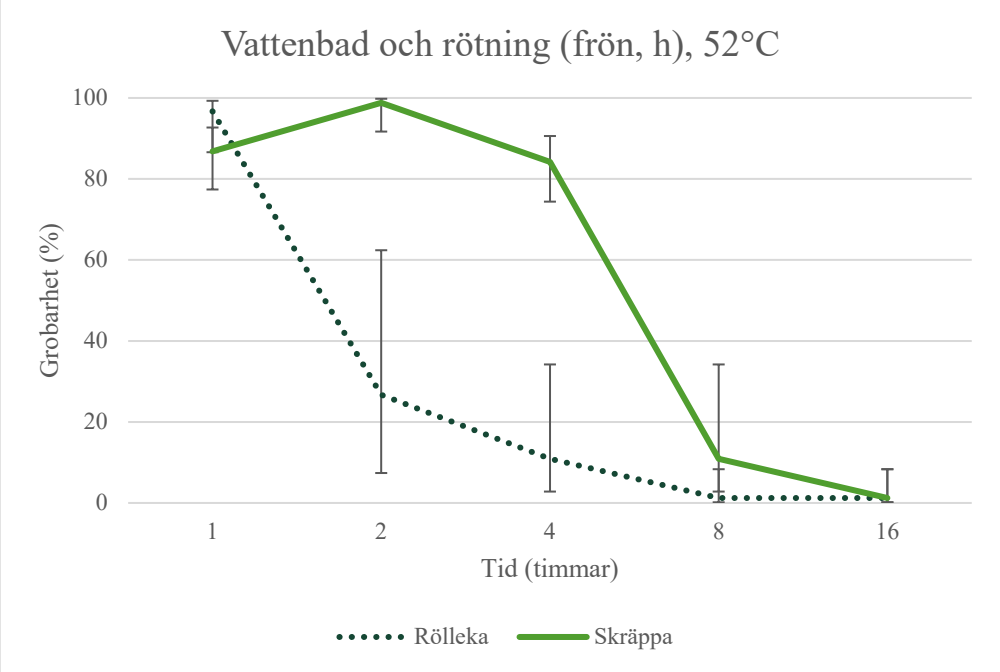
Temperatur 52°C		Grobarhet hos frön			Vitalitet hos frön		
		Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%	Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%
Metod	Rötning	0,201[a]	0,101	0,361	0,402[a]	0,252	0,572
	Vattenbad	0,492[b]	0,346	0,640	0,671[b]	0,546	0,776
Art	Rölleka	0,154[a]	0,078	0,280	0,251[a]	0,149	0,391
	Skräppa	0,572[b]	0,409	0,721	0,803[b]	0,696	0,879
Tid (h)	1	0,933[a]	0,859	0,969	0,961[a]	0,906	0,984
	2	0,844[ab]	0,608	0,950	0,872[ab]	0,652	0,961
	4	0,446[b]	0,269	0,638	0,603[b]	0,392	0,782
	8	0,037[c]	0,011	0,118	0,151[c]	0,074	0,284
	16	0,012[c]	0,0030	0,048	0,0467[c]	0,019	0,108

I figur 28 visas samspelet metod*tid, dvs. hur grobarheten (%) hos fröna påverkades av metod (vattenbad och rötning) vid olika tider (1, 2, 4, 8 och 16 h). Efter 2, 4 och 8 h var grobarheten signifikant lägre efter rötning (cirka 1–50%) jämfört med vattenbad (cirka 11–96%). Efter 16 h låg grobarheten på samma nivå (cirka 1%) för båda metoderna.



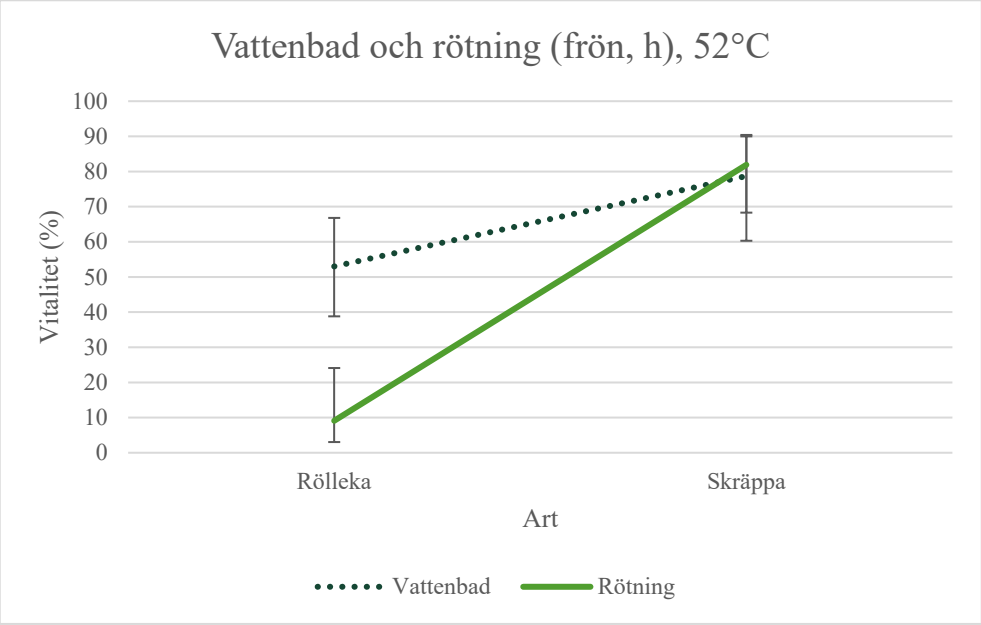
Figur 28. Grobarhet hos frön (%) vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbad och rötning vid 52 ℃ (medel och konfidensintervall).

Skräppans och röllekans grobarhet påverkades av olika inkubationstider (1, 2, 4, 8 och 16 h), vilket visas i samspelet art*tid (figur 29). Efter 2, 4 och 8 h var grobarheten signifikant lägre för rölleka (cirka 1–27%) jämfört med skräppa (cirka 11–99%). Efter 16 h låg grobarheten på samma nivå (cirka 1%) för båda arterna.



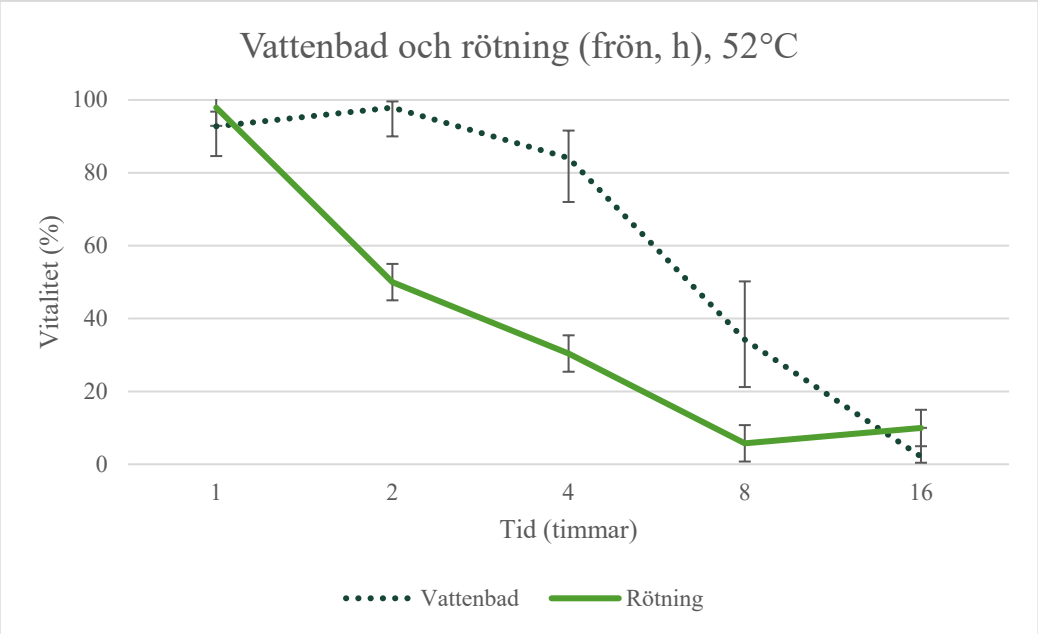
Figur 29. Grobarhet (%) hos rölleka och skräppa vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) vid 52 ℃ i genomsnitt över metod (medel och konfidensintervall).

Vitaliteten var signifikant högre hos rölleka efter vattenbad (cirka 53%) jämfört med rötning (cirka 9%) medan inga signifikanta skillnader hittades mellan metoder för vitaliteten hos skräppa (cirka 79–82%). Detta visas i samspelet metod*art (figur 30).



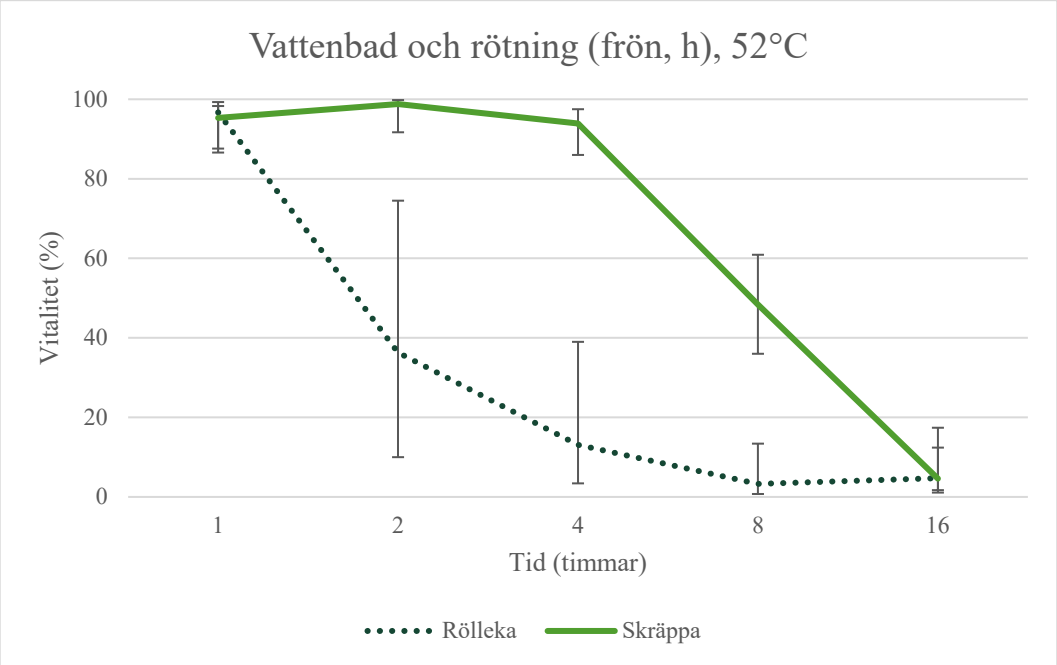
Figur 30. Vitalitet (%) hos frön av rölleka och skräppa efter vattenbad och rötning vid 52 ℃ (medel och konfidensintervall)

Vitaliteten hos arterna påverkades olika över tid beroende på metod, vilket visas i samspelet metod*tid (figur 31). Efter 2, 4 och 8 h var vitaliteten signifikant lägre för rötning (cirka 6–50%) jämfört med vattenbad (cirka 34–98%). Efter 16 h låg vitaliteten på ungefär samma nivå (2–10%) för båda metoderna.



Figur 31. Vitalitet (%) hos frön vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) efter vattenbad och rötning vid 52 °C (medel och konfidensintervall).

Samspelet art*tid, dvs. hur vitaliteten hos rölleka och skräppa påverkades av metod vid olika tider visas i figur 32. Efter 2, 4 och 8 h var vitaliteten signifikant lägre för rölleka (cirka 3–37%) jämfört med skräppa (cirka 48–99%). Efter 16 h låg vitaliteten på samma nivå för båda arterna (cirka 5%).



Figur 32. Vitalitet (%) hos rölleka och skräppa vid fem tidpunkter (1, 2, 4, 8 och 16 h) vid 52 °C i genomsnitt över metod (medel och konfidensintervall)

3.4 Vitalitet hos vegetativa delar (parkslide och rölleka)

Nedan presenteras försöksresultat för att svara på frågeställning 2: Finns det skillnad i vitalitet mellan vegetativa delar från parkslide och rölleka?

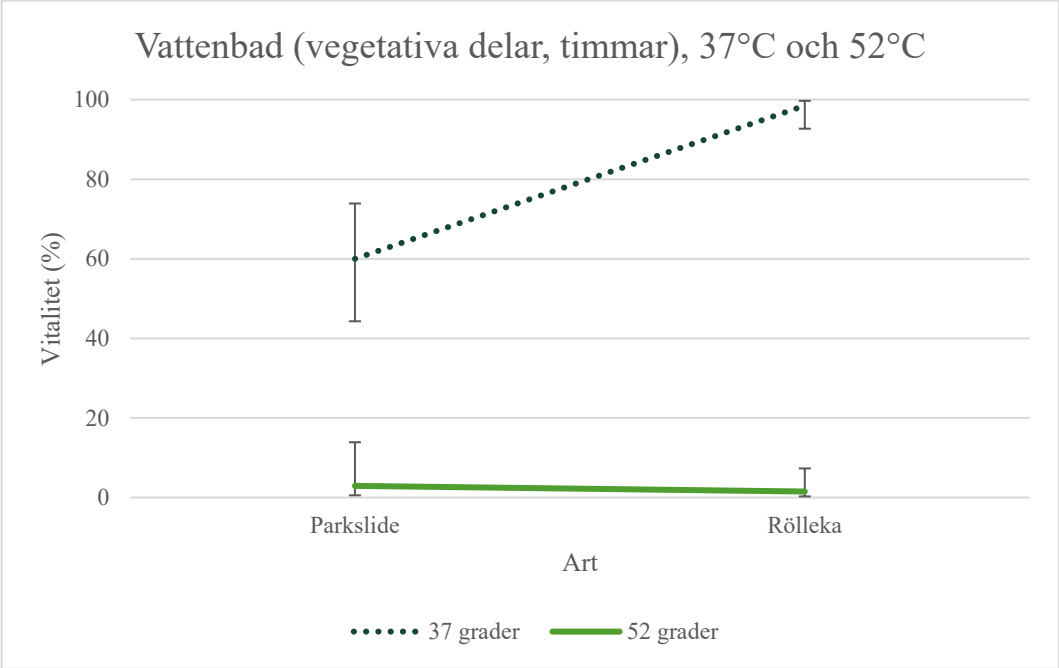
3.4.1 Vattenbadsförsök (37°C och 52°C under 1, 2 och 4 timmar)

Resultaten visade signifikanta skillnader i vitalitet hos vegetativa delar för faktorerna temperatur, art (tabell 9) och samspelet temperatur*art (figur 33). Vitaliteten var i medeltal 91% vid 37°C och i medeltal 2% vid 52°C. För rölleka var vitaliteten i medeltal 50% medan den var 18% för parkslide. I figur 33 visas samspelet mellan temperatur och art, dvs. hur vitaliteten hos rölleka och parkslide påverkades av temperaturerna 37°C och 52°C. Vid 37°C var vitaliteten signifikant högre för rölleka (cirka 98%) än för parkslide (cirka 60%) medan vitaliteten låg på ungefär samma nivå för båda arterna vid 52°C (cirka 2%).

Rölleka, som genomgått vattenbad i 37°C visade också tydliga tecken på vitalitet efter groningstest i klimatskåp genom att nya skott, rötter eller att gröna delar av rothalsen sträcktes och utvecklades (figur 34). Samma sak gällde för parkslide där det vegetativa materialet bildade rotanlag, knoppar och skott (figur 35). Allt vegetativt material från både arterna som genomgått vattenbad i 52°C visade inga tecken på vitalitet.

Tabell 9. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för vitalitet hos vegetativa delar. Vattenbad med faktorerna: temperatur (37℃ och 52℃), art (rölleka och parkslide) och tidsintervall (1, 2 och 4 timmar). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (P <0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor.

Vattenbad		Vitalitet hos vegetativa delar		
		Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%
Temp	37°C	0,908[a]	0,804	0,960
	52°C	0,021[b]	0,0067	0,0651
Art	Rölleka	0,500[a]	0,239	0,761
	Parkslide	0,176[b]	0,0801	0,343
Tid (h)	1	0,294[a]	0,106	0,596
	2	0,229[a]	0,077	0,516
	4	0,442[a]	0,182	0,738



Figur 33. Vitalitet (%) hos vegetativa delar från två arter (parkslide och rölleka) vid temperaturerna 37 ℃ och 52 ℃ i genomsnitt över tid (medel och konfidensintervall).

Figur 34. Vegetativa delar från rölleka som genomgått vattenbad vid 37 ℃ och därefter legat på groning i klimatskåp, visade tydligt på vitalitet genom bildning av nya skott och gröna blad. Foto: Elin Eliasson

Figur 35. Vegetativa delar från parkslide (till vänster: rhizom, till höger: stamdel), som genomgått vattenbad vid 37 °C och därefter legat på groning i klimatskåp, visade tydliga tecken på vitalitet genom bildning av nya skott. Foto: Elin Eliasson

3.4.2 Rötning (37°C under 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar)

Resultaten visade inga signifikanta skillnader mellan art, tid eller art*tid. Vitaliteten hos de vegetativa delarna låg i medeltal på 3% för rölleka (figur 36) och 5% för parkslide och 3–11% över tid för båda arter (1–32 dagar).

Figur 36. Vegetativa delar (rhizom) från rölleka till höger efter rötning. Rhizomen bröts ner under rötningen och ibland återhittades inte rhizomen pga. total nedbrytning. Finare rhizom från parkslide (till vänster) behöll strukturen bättre efter rötning. Foto: Elin Eliasson

3.5 Vitalitet hos rölleka (frön och vegetativa delar)

Nedan presenteras försöksresultat för att svara på frågeställning 3: Finns det skillnad i vitalitet mellan frön och vegetativa delar från rölleka?

3.5.1 Rötning (37°C under 1, 2, 4, 8, 16, och 32 dagar)

Resultaten visade inga signifikanta skillnader mellan plantdelar, tid eller plantdelar*tid. Vitaliteten för frön låg på cirka 4% och för vegetativa delar på cirka 3%. Dag 1 låg växtdelarnas vitalitet på cirka 11% och dag 32 på cirka 2%. För frön minskade vitaliteten från 34% (dag 1) till 1% (dag 32) medan vitaliteten för vegetativa delar låg på cirka 2–4% under hela tidsperioden.

3.6 Vitalitet hos parkslide (vegetativa delar)

Nedan presenteras försöksresultat för att svara på frågeställning 4: Finns det skillnad i vitalitet mellan olika vegetativa delar från parkslide?

3.6.1 Vattenbad (37°C och 52°C under 4 h)

Resultaten visade signifikanta skillnader mellan temperatur (tabell 10). Inga signifikanta skillnader hittades mellan olika plantdelar. Vitaliteten låg på cirka 94% vid 37°C och cirka 11% vid 52°C.

Tabell 10. Skattade medelvärden samt undre och övre konfidensintervall (KI) för vitalitet hos vegetativa delar. Vattenbadsförsök med faktorerna: temperatur (37 °C och 52 °C) och plantdelar (finare rhizom, rhizom och stamdel). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (P <0,05) mellan skattade medelvärden inom respektive faktor.

Vattenbad 4 h		Vitalitet hos vegetativa delar		
		Medel	Undre KI 95%	Övre KI 95%
Temp	37°C	0,942[a]	0,795	0,985
	52°C	0,113[b]	0,005	0,776
Plantdel	Finare rhizom	0,255[a]	0,0663	0,622
	Rhizom	0,745[a]	0,0975	0,988
	Stamdel	0,745[a]	0,0975	0,988

3.7 Jämförelse mellan metoderna vattenbad och rötning

Nedan presenteras försöksresultat för att svara på frågeställning 5: Är vattenbad en mer konservativ metod än rötning?

I två försök ”3.3.2 Vattenbadsförsök och rötningsexperiment (37°C under 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar)” och ”3.3.3 Vattenbad och rötning (frön) (52°C under 1, 2, 4, 8 och 16 h)” jämfördes effekterna av vattenbad och rötning på grobarhet och vitalitet hos frön av rölleka och skräppa.

Resultaten från försöket med vattenbad och rötning vid 37°C (3.3.2) visade på signifikanta skillnader mellan metod för både grobarhet och vitalitet (tabell 7). Groning och vitalitet var signifikant lägre efter rötning (cirka 4–14%) jämfört med vattenbad (cirka 96–97%).

Även resultaten från försöket med vattenbad och rötning vid 52°C (3.3.3) visade på signifikanta skillnader mellan metod för både grobarhet och vitalitet (tabell 8). Groning och vitalitet var signifikant lägre efter rötning (cirka 20–40%) jämfört med vattenbad (49–67%).

4. Diskussion

Kontrollgruppen

Frön: Grobarheten och vitaliteten för frön vid det initiala groningstestet var hög hos både skräppa och rölleka. Detta är i linje med litteraturen där skräppa beskrivs som en art med hög grobarhet, ofta över 80% (Cavers & Harper 1964). År 2024 hade skräppafrön från detta material en initial vitalitet på 95% (Strömberg 2024) vilket tyder det på att frönas vitalitet inte sjunkit på två år. För rölleka garanterades en grobarhet på 60% vilket var betydligt lägre än den observerade (98%). Detta värde stämmer bättre med studier där röllekafrön visat en grobarhet upp mot 99% under optimala förhållanden (Warwick & Black 1982).

Vegetativa delar: Det initiala vitalitetstesten för vegetativa delade visade att materialet hade hög vitalitet. Detta stämmer med uppgifter från litteraturen där parkslide har en dokumenterad vitalitet med snabb utveckling och tillväxt (Shaw 2013; Naturvårdsverket 2025c). Även rölleka bedöms ha god vitalitet och dess rhizom växer som bäst vid 5–20°C (Maslova et al. 2013).

Hygienisering

Alla frön avdödades i hygieniseringsförsök där frömaterialet utsattes för 70°C i vattenbad under en timme. Denna standardiserade hygieniseringsprocessen säkerställer avdödning av frön (Johansen et al. 2013) och eventuella patogener som kan finnas i rötresterna (Schnürer & Jarvis 2018).

En annan godkänd hygieniseringsmetod, är att hålla materialet vid 52°C under 10 timmar med hydraulisk retentionstid på minst 7 dagar. I försöket med rötning och vattenbad vid 52°C under 1–16 h (avsnitt 3.3.3) framgick att en viss vitalitet (cirka 6–10%) fanns kvar efter 8 respektive 16 timmar (figur 29). Detta tyder på att frön inte har avdödats helt efter 10 timmar vid 52°C vilket gör att denna hygieniseringsmetod i detta avseende vara mer osäker än 70°C under 1 h.

Grobarhet och vitalitet hos frön (skräppa och rölleka)

För att svara på om det fanns skillnader i grobarhet och vitalitet mellan frön från skräppa och rölleka (frågeställning 1) genomfördes tre försök:

(i) Vattenbad vid tre temperaturer (37°C, 45°C och 52°C) och fem tider (1, 2, 4, 8 och 16 h, se avsnitt 3.3.1.
(ii) Vattenbad och rötning vid 37°C och sex tider (1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar), se: avsnitt 3.3.2.
(iii) Vattenbad och rötning vid 52°C och fem tider (1, 2, 4, 8 och 16 h), se avsnitt 3.3.3.

Temperatur påverkade både grobarhet och vitalitet hos arterna. Vid vattenbadförsöket vid 37°C, 45°C och 52°C fanns det signifikanta skillnader mellan 37°C och 52°C liksom 45°C och 52°C. Detta stämmer överens med det resultat Strömberg (2024) fick fram i sin studie med olika ogräsarters frön som genomgick vattenbad under 37°C och 52°C. Denna studie visade inga signifikanta skillnader mellan arterna, men för samspelet *temperatur*art* för grobarhet. Där har skräppa en signifikant högre grobarhet än rölleka vid 52°C (figur 20). Detta tyder på att arterna har olika egenskaper som gör att de tolererar värme olika.

Tid hade också effekt på grobarhet och vitalitet. Generellt minskade grobarhet och vitalitet över tid och vid högre temperatur gick det ännu snabbare. Ett exempel på detta är försöket med rötning och vattenbad vid 37°C där grobarheten hos skräppa låg på 90% efter 1–2 dagar för att sedan sjunka till 25–36% efter fyra dagar (tabell 7, figur 25). Detta stöds även av samspelet *temperatur*tid.* Detta stämmer överens med det resultat Strömberg (2023) presenterade i sin litteratursammanställning där överlevnaden hos frön sjönk med ökad temperatur och längre tid för exponering.

Metod påverkade också grobarhet och vitalitet hos arterna. Hos skräppa låg grobarhet och vitalitet generellt högre än hos rölleka. Detta i synnerhet vid rötning där grobarhet och vitalitet sjönk kraftigt för rölleka (figur 26 och 30) vilket tyder på högre motståndskraft mot vattenbad/rötning hos skräppafrön än hos röllekafrön.

Resultatet visade skillnader mellan *art*. Detta framkommer tydligt för vitalitet vid 37°C, men även i samspelen metod*art, metod*tid och art*tid. Vid 52°C vattenbad och rötning är det signifikanta skillnader mellan arter för grobarhet och vitalitet, liksom i samspelen art*tid, metod*art och metod*art*tid. Ett genomgående tema i dessa försök är att skräppa har en högre grobarhet och/eller vitalitet än rölleka. Detta tyder på att skräppa är mer motståndskraftig mot högre temperaturer vid vattenbad och rötning jämfört med rölleka. Detta överensstämmer med resultaten från Strömberg (2024) där skräppafrön var tåligare jämfört med de andra ingående arter vid vattenbad och rötning under 52°C. Skräppans högre grobarhet och vitalitet beror förmodligen på fröets egenskaper, såsom som det hårda fröskalet eller långa livslängd i marken. Skräppa har en dokumenterad livsduglighet i marken efter 80 år (Zaller 2004). Skräppans frön överlever också genom matsmältningsorganen hos nötkreatur (Dock Gustavsson 2006). Detta tyder på att skräppan kan vara tålig mot anaerob nedbrytning, åtminstone under de förhållanden som sker i nötkreatur. Det går i linje med Westerman och Gerowitt (2013) som skriver att frön vars egenskaper innebär att de bibehåller vitaliteten genom djurs mag- och tarmkanal i större

utsträckning överlever biogasrötning också. Även frönas beständighet över tid i mark är en egenskap som kan kopplas till bibehållen vitalitet efter biogasrötning. Detta skulle kunna indikera på skräppafrön som något mer beständig jämfört med röllekafrön. Vitaliteten ses också sjunka med tiden för exponering för båda arterna. Detta tyder på att längre exponering påverkar vitaliteten negativt. Exponeringstiden är en av de faktorer som påverkar överlevnadsgraden av frön vid anaerob nedbrytning (Al Seadi et al. 2008; Westerman et al. 2012)

Det finns dock en osäkerhet i metod gällande grobarheten i vattenbadsförsök med 37°C under 1–32 dagar. Under försökets gång noterades att röllekafrön, och i viss uträckning även skräppafrön, började gro under försökets gång. Efter cirka tre dagar började en större andel röllekafrön gro i vattnet medan en mindre andel skräppafrön började gro efter cirka två veckor. Dessa frön registrerades som grodda och ingick därför som positiva i grobarhetsanalysen. I praktiken skulle dock inte dessa frön, som gror under processen, senare överleva. Det beror på att när ett frö gror och bildar rot och skott går utvecklingen mot en planta som kräver syre, ljus och möjlighet till fortsatt utveckling (Tesar 1984). Ett vattenbad eller en rötningsprocess är en miljö som inte är gynnsam för fortsatt utveckling av groddplantan. Resultatet kan således innebära en viss överskattning av antal överlevande fröer jämfört med vad som kan förväntas under verkliga förhållanden.

Resultatet från denna studie indikerar att ogräsfrön riskerar att överleva rötningsprocessen vid lägre temperaturer och kortare uppehållstider. Denna risk föreligger mest trolig i system med CSTR, där material som matas in riskerar att åka ut ur systemet på en kortare tid än den genomsnittliga uppehållstiden. Rötningsprocess med CSTR är just är något som Zhou et al. (2020) nämner som en metod där risken för att ogräsfrön ska överleva rötningsprocessen är större. Under normala uppehållstider (15–30 dagar) föreligger risken som låg. För anläggningar som omfattas av en obligatorisk hygienisering, är risken för överlevande frön mycket låg. Detta omfattar de flesta samrötningsanläggningarna, men få av dagens gårdsanläggningar.

Vidare studier för att undersöka olika ogräsfröns överlevnad i rötningsprocessen är högst aktuell. Med ett förändrat klimat förväntas nya arter av problemogräs skapa besvär inom lantbruket liksom andra invasiva främmande växtarter i andra miljöer. Kunskap hur dessa arters frön överlever rötningsprocessen är en viktig del i hanteringen av dem eftersom frön enkelt hamnar i rötningsprocessen genom exempelvis växtbiomassa från vägkanter. Genom att studera arter som uppvisar egenskaper som skulle kunna vara motståndskraftiga mot temperatur och anaerob nedbrytning skulle lämpliga arter kunna väljas ut. Dessa egenskaper har tidigare

nämnts som tjockt fröskal, varaktig livsduglighet i mark och/eller överlever mag-tarmkanalen genom idisslande djur (Westerman & Gerowitt 2013).

Vitalitet hos vegetativa delar (parkslide och rölleka)

För att svara på om det fanns skillnad i vitalitet mellan vegetativa delar från parkslide och rölleka (frågeställning 2) genomfördes två försök:

(i) Vattenbad vid två temperaturer (37°C och 52°C) och tre tider (1, 2 och 4 h, se avsnitt 3.4.1.

(ii) Rötning vid 37°C och sex tider (1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar), se avsnitt 3.4.2.

I det första försöket (vattenbad med två temperaturer och tre tider) skiljde sig vitaliteten mellan arterna (tabell 9, figur 33). Resultaten indikerar att rölleka tål 37°C bättre under kortare tid jämfört med parkslide men att skillnaderna försvinner när arterna utsätts för 37°C under längre tid eller för högre temperatur (52°C).

Parkslide är känd för sin förmåga att kunna regenerera nya plantor från små växtfragment (Shaw 2013) och är omtalad som nästintill ”odödlig”. Men detta innefattar inte nödvändigtvis en hög tolerans mot värmestress enligt denna studie. Tvärtom indikerar resultaten att de undersökta vegetativa delarna är känsliga för exponering för 52°C vattenbad. Detta stöds även av att det finns en termisk behandling som används som bekämpningsmetod mot parkslide, där underjordiska växtdelar exponeras för värme genom hetvatten, vattenånga eller konduktiva värmestavar (Naturvårdverket 2026). Resultatet går även i linje med det resultat som Dhaoufi et al. (2025) fann i sin studie att vegetativa delar från parkslide inte visar tecken på vitalitet efter genomgått vattenbad över 50°C.

I det initiala vitalitetstestet visade både rölleka och parkslide 100% vitalitet, vilket tyder på att det vegetativa materialet var livskraftigt före behandlingarna. Den låga vitaliteten efter rötning kan delvis förklaras av att rötningsprocessen som har en kraftigt reducerande effekt på vitaliteten. Vegetativa växtdelar är biologiskt levande material och dess livskraft kan skilja sig mellan de plantor och delar som valts ut. Det finns alltid risk att växtmaterial av sämre vitalitet har valts ut eftersom detta inte är något som kan ses på materialet eller bedömas på förhand. Samtidigt bör resultaten även tolkas med en försiktighet eftersom växtdelarna som användes i rötningsexperimenten var mindre än de som användes i vattenbad- och kontrollförsöken.

En annan observation som gjordes var att växtmaterialet, främst rhizom från röllekan, bröts ner under rötningsprocessen. Detta observerade okulärt (figur 36). Flera rhizomfragment var delvis nedbrutna och återfanns som sönderfallna eller i

vissa fall till och med saknades. Detta kan förklara röllekans låga vitalitet i försöket. För parkslidens finrötter bibehölls den fysiska strukturen rötningsprocessen igenom och visade inga tecken på sönderdelning till följd av nedbrytning.

Resultatet visade att sannolikheten för att rhizom från rölleka och finare rhizom från parkslide skulle spridas via rötrester efter rötningsprocessen är låg. Resultatet visade en tydlig minskning av vegetativa delars vitalitet redan från dag 1 av försöket. Detta innebär att även vid korta uppehållstider tycks vitaliteten sjunka så pass mycket att risken för överlevnad ändå är mycket låg.

För vidare studier gällande vegetativa växtdelars överlevnad i rötningsprocessen, hade det hade varit intressant att undersöka på andra vegetativa delar från parksliden, som större rhizom eller rotfragment liksom ovanjordiska stamdelar. Det kan vara så att det finns skillnader i överlevnad efter rötning. Det är viktigt att undersöka hur parkslidens vegetativa biomassa överlever rötning för att kunna hantera växten på ett säkert sätt för att minska risk för spridning. Kunskapen kan också möjliggöra ett säkert sätt att behandla växtrester från parkslide och möjlighet att dra nytta av biomassan för biogasproduktion. Vidare studier av andra arters vegetativa växtdelar vore också av intresse att studera som exempelvis stånds (*Jacobaea vulgaris)* eller kanadensiskt gullris (*Solidago canadensis* L.).

Vitalitet hos rölleka (frön och vegetativa delar)

För att svara på om det fanns skillnad i vitalitet mellan frön och vegetativa delar från rölleka (frågeställning 3) så genomfördes ett försök:

(i) Rötning vid 37°C under 1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar, se avsnitt 3.5.1.

Inga skillnader hittades i vitalitet mellan frön (4%) och vegetativa delar (3%) efter rötning. Röllekans frö och rhizom uppvisade således en liknande respons på mesofil rötning. Trots att frön och rhizom är två olika reproducerande växtdelar där en skillnad i överlevnad skulle kunna vara förväntad, visade sig detta inte i resultaten. Anledningen är oklar men kan bero på att växtmaterialet utsattes för mesofil rötning under en lång exponeringstid. Det skulle överensstämma med resultat av Westerman & Gerowitt (2013) som kommit fram till att temperatur och exponeringstid är de mest avgörande faktorerna för fröns överlevnad i en biogasprocess.

Vitalitet hos parkslide (vegetativa delar)

För att svara på om det fanns skillnad i vitalitet mellan olika vegetativa delar från parkslide (frågeställning 4) genomfördes ett försök:

(i) Vattenbad vid 37°C och 52°C under 4 timmar, se avsnitt 3.6.1.

Temperaturen påverkade vitaliteten starkt där 37°C inte verkade ha större effekt medan 52°C sänkte den starkt. Däremot var vitaliteten lika hög i alla delar av parkslide vilket stämmer med uppgifter från Shaw (2013) och Naturvårdsverket (2025c).

Jämförelse mellan metoderna vattenbad och rötning

En av frågeställningarna för detta arbete var om vattenbad är en mer konservativ metod än rötning, dvs. dör frön i vattenbad så dör fröna med säkerhet i rötning (frågeställning 5). För att svara på denna fråga sammanställdes delresultat från två försök:

(ii) Vattenbad och rötning vid 37°C och sex tider (1, 2, 4, 8, 16 och 32 dagar), se: avsnitt 3.3.2.

(iii) Vattenbad och rötning vid 52°C och fem tider (1, 2, 4, 8 och 16 h), se avsnitt 3.3.3.

Analyserna visade att vattenbad är en mer konservativ metod än rötning, då grobarhet och vitalitet var högre efter vattenbad än efter rötning. Detta är också i linje med resultaten från Strömberg (2024).

Detta tyder på att temperaturen inte ensamt kan förklara minskningen av grobarhet och vitalitet som observerades vid rötning. Till skillnad från vattenbad utsätts frön under rötning för en anaerob nedbrytningsprocess där organiskt material bryts ner av mikroorganismer (se avsnitt 1.2). Frön innehåller en mängd lagrade näringsreserver i form av kolhydrater, fetter och proteiner (Bewley et al. 2013). Om fröets skyddande fröskal skadas eller på annat sätt leder till att dess innehåll riskerar att bli tillgängligt för mikroorganismerna, kan detta leda till ytterligare avdödning av fröet. Resultaten indikerar därför att vattenbad endast delvis kan efterlikna de förhållanden som finns under rötningsprocessen. Den minskade vitaliteten kan också bero på andra ännu ej klarlagda faktorer (Westerman et al. 2012).

Signifikanta skillnader erhölls för samspelet *metod*tid*, vilket innebär att skillnaden mellan vattenbad och rötning förändrades över tid. I figur 27 och 31 visas hur vitaliteten sjunker över tid under rötning men förblir ungefär densamma under vattenbad. Även detta resultat tyder på att ju längre tid frön är exponerade för anaerob nedbrytningsprocess och mikrobiell aktivitet, desto högre avdödning av fröna, vilket ligger i linje med resultaten av Westerman & Gerowitt (2013) som uppger att temperatur och exponeringstid under rötningsprocessen är de viktigaste faktorerna för inaktivering av frön.

Även samspelet *metod*art* var signifikant (figur 26 och 30) vilket tyder på att arterna inte påverkades likadant under rötning. Som tidigare nämnts, indikerar detta att fröna har olika inneboende egenskaper och tolererar ogynnsamma förhållanden olika. I denna studie framkommer att vitaliteten var högre hos skräppafrön än hos röllekafrön, vilket även visades av Strömberg (2024).

Reflektioner kring material och metodik

Rötresterna som användes i denna studie kom från en gårdsanläggning med främst kogödsel som substrat. Denna rötrest anses representativ för gårdsanläggningar där framför allt nötgödsel är ett vanligt substrat (Salomon & Wivstad 2013). C/N kvoten på rötresten var 7,1. Det skulle kunna vara så att andra processtypers rötrester kan ha en annan C/N kvot beroende på de susbtrat som används. pH värdet mättes till 8,14 vilket ligger i överkant till rekommenderat pH som är mellan 6,5-8 vid mesofil rötning (Al Seadi et al 2008). Ett högre pH antyder också att större andel av totala kvävet som är i form av ammoniak (Hansson och Christensson 2005). Dessa paramterar kan skilja sig mellan olika processtyper och skulle därför kunna inverka på inaktivering av frön och vegetativa växtdelar på olika sätt.

Även om flera studier och arbeten tyder på att det är framförallt temperaturen och tiden som avgör inaktiveringen av frön vid rötning, bör även andra faktorer kunna påverka. Detta tydliggörs i denna studie eftersom resultatet inte är likadant vid vattenbad som vid rötning, vid samma temperatur och under samma tid. Förutom den mikrobiella nedbrytningen i sig, omnämns ammoniak som en faktor att i allt för höga koncentrationer toxiskt mot mikroorgansimer (Al Seadi et al. 2008) vilket även skulle kunna påverka fröns överlevnad. Minskad aktivtet av mikroorgansimer skulle kunna öka överlevnaden av frön och vegetativa delar. Ammoniaken i sig skulle också kunna vara toxiskt även mot frön och vegetativa delar. Gällande pH värde skulle denna faktor också kunna påverka vitaliteten genom att inverka negativt på frön och vegetativt material. Enligt litteraturen är ett pH vid mesofil rötning mellan 6-8 rekommenderat och allt för surt eller basiskt hämmar processen. Frön och vegetativt material utsätts för en komplex miljö under rötningen vilket gör att det är svårt att avgöra enskilda faktorer till inaktivering. Fortsatta studier där olika faktorer jämförs hade kunnat tillföra kunskap inom ämnet. Ett förslag på detta är att undersöka inverkan av pH genom vattenbad som har olika pH och hur detta påverkar grobarhet och/eller vitalitet hos frön och vegetativt material. Ett annat förslag är att använda samma arter som ingått i denna studie men istället använda en rötrest från en annan biogasanläggning för att hitta skillnader, eftersom den kemiska miljön skiljer sig åt med olika substrat.

Vid avslutande av rötningsförsöken tvättades frön och vegetativt material av med ljummet vatten före det lades på gronings- och/eller vitalitetsstest. Detta skulle potentiellt kunna påverka resultatet eftersom miljön runt fröet förändras. Ur ett praktiskt perspektiv tvättas inte frön och vegetativt material av före det hamnar på åkern vid spridning av rötrester. Det är möjligt att rötresten i sig skulle kunna ha en inverkan på frön eller vegetativt material under längre tid, eller fram till groning.

Studier som undersöker överlevnaden av frön och vegetativa växtdelar i gårdsanläggningar är särskilt relevanta eftersom dessa anläggningar i regel inte omfattas av krav på hygienisering. Detta gör frön och vegetativt material inte utsätts för den hygienisering som är ett krav vid exempelvis samrötningsanläggningar. Detta innebär att sannolikheten för att frön och/eller vegetativt växtmaterial överlever rötningsprocessen är högre från gårdsanläggningar.

4.1 Felkällor

Det vegetativa materialet samlades in under vinter och tidig vår vilket skulle kunna påverka vitaliteten hos materialet. Kontrolltestet visade dock att alla växtdelar från båda arterna (rölleka och parkslide) hade 100% vitalitet vilket talar för att vegetativa delarna höll god vitalitet. Det föreligger dock en risk att någon vegetativ del som ingått i något av experimenten inte var av lika god vitalitet eller höll en lägre kvalitet än de vegetativa delarna som ingick i det initiala vitalitetstestet.

En annan felkälla kan också ligga i storleken av de vegetativa delarna, där större växtdelar användes i vattenbad jämfört med rötning. Detta berodde på att högre krav ställdes på påsmaterial under rötningsförsöket, där använda påsar inte fick vara biologiskt nedbrytbara. Påsarna som fanns tillgängliga för rötningsförsöket var mindre än påsarna i vattenbadsförsöket. Detta ledde till att det vegetativa material som användes i rötningsförsöket var finare uppdelat (för att få plats i påsarna) och detta kan innebära en felkälla som påverkar resultateten.

Vidare kan filterpapper, som användes under grobarhets/vitalitetstesten, ha torkat ut vilket skulle kunna ha påverkat fröna/vegetativa delarna negativt och gett upphov till lägre vitalitet än vad materialet egentligen hade.

Gällande tetrazoliumtest finns det också risk för felkällor. Det finns olika rekommendationer för (i) koncentration beroende på storlek och typ av frön som studeras, (ii) temperatur och tid som behandlingen av fröna bör pågå och (iii) hur fröet bör behandlas för att på effektivt sätt komma i kontakt med tetrazolium. I

denna studie bedömdes att (a) 1% koncentration av tetrazolium vara adekvat, (b) fröna inte krävde förbehandling som punktering eller att under en viss tid placeras i vatten samt (c) det var adekvat att placera fröna i 30°C grader i 20 timmar men att det kan förstås kan förekomma lämpligare temperaturförhållanden för ingående arter.

Själva bedömningen av resultaten från tetrazoliumtest är också en risk till felkälla. Enligt litteratur (França-Neto & Krzyzanowski 2022) kan delvis eller mindre röda infärgningar tolkas som negativt, vilket medför att tolkning av tetrazoliumtester kan skilja sig åt. I denna studie är det samma person som tolkat alla tetrazoliumtest, vilket innebär att risken för olika bedömningar är låg. I litteraturen finns det exempelbilder på bedömningar av tetrazoliumtest, men det finns inte bilder tillgängliga på alla olika arters frön.

4.2 Slutsatser

Sammanfattningsvis visar resultatet från denna studie att vitaliteten hos både frön och vegetativt material minskar vid högre temperatur och längre uppehållstid under både vattenbad och rötning.

Medelvärdet för vitaliteten hos skräppafrön efter vattenbad och rötning låg på cirka 80% vid både 37°C och 52°C. Motsvarande siffror för röllekafrön var 59% och 25%. Detta indikerar att skräppafrön är tåligare och har en högre sannolikhet att överleva rötningsprocessen än röllekafrön, särskilt vid kortare uppehållstider. Vid normala retentionstider, mellan 15–30 dagar, är risken tämligen mycket låg.

Röllekans vegetativa växtdelar visade högre vitalitet än parkslide efter vattenbad vid 37°C under kortare uppehållstid. Skillnaderna mellan arterna verkade minska med högre temperatur (52°C) och längre uppehållstid. Vid mesofil rötning (37°C) hittades inga skillnader mellan arterna och vitaliteten var låg, 3–5%. Denna studie visade också att det inte fanns några skillnader i vitalitet mellan röllekans frön och vegetativa delar efter rötning och inte mellan parkslidens olika vegetativa växtdelar efter 37°C vattenbad. Resultaten tyder på att risken för spridning av vegetativa växtdelar av parkslide och rölleka via rötrester är tämligen låg.

Metodmässigt visade studien att vattenbad är en mer konservativ metod än rötning. Detta innebär att metoden är skonsammare vilket gör att vitaliteten är högre efter vattenbad än rötning vid samma temperatur och tid. Denna metod kan därför användas för att göra en skattning av en arts vitalitet och på ett enklare sätt ge en förstaskattning av en arts vitalitet.

Under arbetet har nya frågeställningar identifierats. Nedan följer förslag på studier som vore relevanta att genomföra för att öka förståelsen för hur frön och vegetativa delar påverkas av rötning.

- Studera faktorer som verkar bidra till inaktivering av frön under rötningsprocessen, exempelvis pH, ammoniakinnehåll eller substratsammansättning.
- Studera parkslidens rhizom och stamdel under rötningsprocessen.
- Studera material av vegetativa delar som hämtas in under växtsäsongen, när det vegetativa materialet har högre metabolisk aktivitet.
- Undersöka hur lagring av rötrester påverkar vitaliteten.
- Inkludera frön från fler arter i vattenbad och rötning.
- Inkludera fler arter som sprids både via frön och vegetativt material och undersöka om det finns skillnader i vitalitet.
- Studera samma arter men med olika typer av biogassubstrat för att se om det finns skillnader i vitalitet.

Referenser

Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S. & Janssen, R. (2008). *Biogas handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg.

Andersson, E., Frostgård, G., Hjelm, E., Kvarmo, P., Malgeryd, J. & Stenberg, M. (2026). *Rekommendation för gödsling och kalkning 2026*. (JO25:7). https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/jo219.html [2026-06-08]

Andersson, L. & Ullvén, K. (2019). *Rotogräsens När Var Hur: en guide till icke-kemisk bekämpning av perenna ogräs*. SLU, EPOK – Centrum för ekologisk produktion och konsumtion. https://pub.epsilon.slu.se/17361/1/andersson_l_et_al_200814.pdf [2026-06-08]

Avfall Sverige (2026). *Certifieringsregler för biogödsel SPCR 120*. https://www.avfallsverige.se/fakta-statistik/certifierad-atervinning/certifieringsregler-for-biogodsel/ [2026-02-27]

Baskin, C.C. & Baskin, J.M. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2nd edition. Elsevier/AP. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-416677-6.00003-2

Baskin, J.M. & Baskin, C.C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14 (1), 1–16. https://doi.org/10.1079/SSR2003150

Beerling, D.J., Bailey, J.P. & Conolly, A.P. (1994). *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene. *The Journal of Ecology*, 82 (4), 959. https://doi.org/10.2307/2261459

Bewley, J.D. (1997). Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*, (9)7, 1055–1066. https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055

Bewley, J.D. & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of development and germination*. 2nd ed. Springer New York.

Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy,* 3rd Edition. Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4

Blomquist, J., Nilsson, S.B., Melin, M. & Bramstorp, A. (2014). *Så här fungerar biogödsel*. https://www.avfallsverige.se/media/r2wpurd1/faktablad_biogodsel_hela_dokumentet.pdf [2026-02-27]

Bond, W., Davies, G. & Turner, R. (2007). The biology and non-chemical control of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) and curled dock (*R. crispus* L.). HDRA, Ryton Organic Garden, Coventry. http://www.gardenorganic.org.uk/organicweeds [2026-02-13]

Bourdôt, G.W. (1980). *A study of the growth and development of yarrow (Achillea millefolium L.)*. University of Canterbury.

Bourdôt, G.W. (1984). Regeneration of yarrow (*Achillea millefolium* L.) rhizome fragments of different length from various depths in the soil. *Weed Research*, 24 (6), 421–429. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1984.tb00605.x

Campbell, N.A., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. & Reece, J.B. (2021). *Biology: a global approach*. 12 uppl., global edition. Pearson.

Cavers, P.B. & Harper, J.L. (1964). *Rumex obtusifolius* L. and R. *crispus* L. *The Journal of Ecology*, 52 (3), 737–766. https://doi.org/10.2307/2257859

Colleran, B.P. & Goodall, K.E. (2014). In situ growth and rapid response management of flood dispersed Japanese knotweed (*Fallopia japonica*). *Invasive Plant Science and Management*, 7 (1), 84–92. https://doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00027.1

Del Tredici, P. (2017). The introduction of Japanese knotweed, *Reynoutria japonica*, into North America. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 144 (4), 406–416. https://doi.org/10.3159/TORREY-D-17-00002.1
Dhaouefi, Z., Taktek, S., Bélanger, F., Fortin, P., Charbonneau, J., Lange, S. & Horchani, H. (2025). Optimized biogas yield and safe digestate valorization through intensified anaerobic digestion of invasive plant biomass. *Energies*, 18 (19), 5151. https://doi.org/10.3390/en18195151
Dock Gustavsson, A. (2006). *Åtgärder mot skräppa i ekologiskt lantbruk*. (4). Jordbruksverket. https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/atgarder-mot-skrappa-i-ekologisk-odling.html [2026-06-08]
Elias, S. & Garay, A. (u.å.). Tetrazolium test (TZ) A fast, reliable test to determine seed viability. Oregon State University Seed Laboratory.
Energigas Sverige (2025). *Produktion av biogas och rötrester och dess användning år 2024.* https://energigas.se/Media/mvwmqi3h/biogasstatistik-rapport_2024.pdf [2026-06-08]
Fogelfors, H. (2015). *Vår mat*. 1:3. Studentlitteratur.
FOR (u.å.). *Parkslide.* https://for.se/invasiva-frammande-vaxter/parkslide/ [2026-04-20]
França-Neto, J.D.B. & Krzyzanowski, F.C. (2022). Use of the tetrazolium test for estimating the physiological quality of seeds. *Seed Science and Technology*, 50 (2), 31–44. https://doi.org/10.15258/sst.2022.50.1.s.03
Green, I. (2023). *The feasibility of using Fallopia japonica for biogas production*. Högskolan i Halmstad. https://hh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1864040/FULLTEXT02.pdf [2026-02-18]
Guo, L., Plunkert, M., Luo, X. & Liu, Z. (2021). Developmental regulation of stolon and rhizome. *Current Opinion in Plant Biology*, 59. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.10.003
Hanf, M. 1974. Weeds and their seedling. Hadliegh, Ipswich. BASF, UK.
Hansander, A. (2012). *Risk för spridning av ogräsfrö med rötrester – En litteraturstudie*. Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. https://stud.epsilon.slu.se/4557/7/hansander_a_120823.pdf [2026-06-08]
Hansson, A. & Christensson, K. (2005). *Biogas i ekolantbruk*. (22). Jordbruksverket. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo05_22.pdf [2026-06-08]
Hav- och vattenmyndigheten & Naturvårdsverket (2025). *Invasiva främmande arter på EU:s förteckning – Växter*. https://www.naturvardsverket.se/4a2ea7/globalassets/amnen/invasiva-frammande-arter/pdf/forteckning-av-invasiva-vaxter/eu-listade-invasiva-frammande-arter-vaxter.pdf [2026-04-10]
Henson, I E (1969). Studies on the reseneration of perennial weeds in the glasshouse 1. *Temperate species.* Tech Rep. A. R. C. Weed Res. Org. 12.
Hishashi, K.-N. (2022). Allelopathy of knotweeds as invasive plants. *Plants*, 11 (1), 1–13. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants11010003
Johansen, A., Nielsen, H.B., Hansen, C.M., Andreasen, C., Carlsgart, J., Hauggard-Nielsen, H. & Roepstorff, A. (2013). Survival of weed seeds and animal parasites as affected by anaerobic digestion at meso- and thermophilic conditions. *Waste Management*, 33 (4), 807–812. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.001
Jordbruksverket (2026). *Rötning av animaliska biprodukter*. https://jordbruksverket.se/download/18.16c992c517644f0089398dab/1772377906710/Rotning-av-animaliska-biprodukter-tga.pdf [2026-06-02]

Kämmerling, I. (2019). *Ta grepp om skräppan*. (2). Länsstyrelsen Södermanlands län. https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2b1344c417a75f02ce03bd9b/1631609252785/Ekologiskt%20Lantbruk%20nr%202%202019.pdf [2026-06-08]
Lundkvist, A. (2014). *Ogräskontroll på åkermark*. Jordbruksverket, Jönköping. https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr28.html [2026-06-08]
Lundkvist, A. & Fogelfors, H. (2004). *Ogräsreglering på åkermark*. Rapport 6. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU Uppsala, 2:a upplagan.
Länsstyrelsen Södermanlands län (2019). *Mota invasiva ogräs med kunskap och gemensamma strategier*. (4) https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2b1344c417a75f02ce03bda0/1631609252926/Ekologiskt%20Lantbruk%20nr%204%202019.pdf [2026-06-08]
Maslova, S.P., Tabalenkova, G.N., Malyshev, R.V. & Golovko, T.K. (2013). Seasonal changes in growth and metabolic activity of underground shoots of yarrow. *Russian Journal of Plant Physiology*, 60 (6), 821–829. https://doi.org/10.1134/S1021443713060071
Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber, A. (1982). *The germination of seeds*. 3rd ed. Pergamon Press. ISBN-10: 0080288537. (Pergamon international library of science, technology, engineering, and social studies)
Mohr, H. & Schopfer, P. (1992). *Pflanzenphysiologie*. 4th ed. 1992. Springer Berlin Heidelberg. (Springer-Lehrbuch). https://doi.org/10.1007/978-3-642-97370-3
Naturvårdsverket (2025a). *Invasiva främmande arter*. https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter/ [2026-01-27]
Naturvårdsverket (2025b). *Parkslide*. *Parkslide*. https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter/Arter/eu-listade-etablerade-arter/parkslide/ [2026-01-27]
Naturvårdsverket (2025c). *Parkslide*. Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/4a4dfa/globalassets/amnen/invasiva-frammande-arter/pdf/etablerade-vaxter-i-sverige/faktablad-parkslide.pdf [2025-01-20]
Naturvårdverket (2026). *Bekämpning av parkslide - bekämpning av invasiva främmande växter på land*. https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/invasiva-frammande-arter/bekampning-av-invasiva-frammande-vaxter-pa-land/bekampning-och-hantering-av-parkslide/ [2026-06-04]
Prisa, D. & Jamal, A. (2025). Achillea millefolium L. *Advances in Horticultural Scienc*, 39 (3), 245–257. https://doi.org/10.36253/ahsc-18140
Pye, A. (2008). *Ecological studies of Rumex crispus L. Propagation, Competition and Demography*. (2008:101). Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU Uppsala. https://pub.epsilon.slu.se/1905/1/Thesis_Ecological_studies_of_Rumex_crispus_L_Alexandra_Pye.pdf
Qasem, J.R. (2020). *Weed seed dormancy: The ecophysiology and survival*. I: Jose Carlos Jimenez-Lopez (red.) Seed dormancy And germination. Intech Open. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77864
Radosevich, S.R., Holt, J.S. & Ghersa, C.M. (2007). *Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management*. 3e uppl. Wiley-Interscience.
Ritika, Rizwana, Tripathi, A.D. & Agarwal, A. (2023). *Achillea millefolium* L., Common yarrow. I: Sharma, A. & Nayik, G.A. (red.) *Immunity boosting*

medicinal plants of the Western Himalayas. Springer Nature Singapore. 29–57. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9501-9_2
Robocker, W.C. (1977). Germination of seeds of common yarrow (*Achillea millefolium*) and its herbicidal Control. *Weed Science*, 25 (5), 456–459. https://doi.org/10.1017/S0043174500033853
Rost, T.L., Barbour, M.G., Stocking, C.R. & Murphy, T.M. (2006). *Plant Biology*. 2. uppl. Thomson Brooks.
Ryttäri, S. (2023). *Japanese knotweed -Reynoutria japonica*. https://laji.fi/en/taxon/MX.38240 [2026-01-22]
Salomon, E. & Wivstad, M. (2013). *Rötrest från biogasanläggningar: återföring av växtnäring i ekologisk produktion*. Centrum för ekologisk produktion och konsumtion (EPOK), Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, Uppsala. https://pub.epsilon.slu.se/14640/13/salomon_e_wivstad_m_171018.pdf [2026-06-08]
Schnürer, A. & Jarvis, Å. (2018). *Microbiology of the biogas process. https://www.researchgate.net/publication/327388476_Microbiology_of_the_biogas_process* [2026-01-26]
Shaw, D. (2013). *Fallopia japoncia* (Japanese knotweed). I: *CABI compendium*. https://doi.org/https://doi.org/10.1079/cabicompendium.23875
Sjökvist, E., Andersson, M., Eklund, A., Karlsson, E. & Norman, M. (2025). *Klimatunderlag för klimat- och sårbarhetsanalyser*. (74). https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2025-02-10-klimatunderlag-for-klimat--och-sarbarhetsanalyser [2026-06-08]
SLU Artdatabanken (2026). *Artfakta: Parkslide Reynoutria japonica* Houtt. https://artfakta.se/taxa/220782/information [2025-01-20]
SLU ogräsrådgivaren (u.å.). *Ogräsrådgivaren*. *Skräppa*. https://fou.jordbruksverket.se/ogras/mobil/ogras.php?ogras=Skr%C3%A4ppa [2026-03-13]
Smålander, A. (2024). *Strategi för arbetet med invasiva arter i Blekinge åren 2024–2026*. Länsstyrelsen Blekinge. https://www.lansstyrelsen.se/download/18.68fbc90d193243b379e47890/1732525184509/Strategi%20f%C3%B6r%20arbetet%20med%20invasiva%20arter%20i%20Blekinge%20l%C3%A4n%202024%E2%80%932026.pdf [2026-06-08]
Souza, C.R.D., Ohlson, O.D.C., Gavazza, M.I.A. & Panobianco, M. (2010). Tetrazolium test for evaluating triticale seed viability. *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (3), 163–169. https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300018
Strömberg, E. (2023). *Ogräsfrönas överlevnad i biogasanläggningar En litteraturgenomgång samt ansats till metaanalys*. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, Uppsala. https://stud.epsilon.slu.se/19258/1/stromberg-e-20230712.pdf
Strömberg, E. (2024). *Överlevnad av ogräsfrön i rötnings- och vattenbadsförsök*. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, Uppsala. https://stud.epsilon.slu.se/19959/1/stromberg-e-20240510.pdf [2026-02-17]
Tampio, E., Laaksonen, I., Rimhanen, K., Honkala, N., Laakso, J., Soinne, H. & Rasa, K. (2024). Effect of manure co-digestion on methane production, carbon retention, and fertilizer value of digestate. *Science of The Total Environment*, 927. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172083
Tesar, M.B., (red.) (1984). *Physiological basis of crop growth and development*. American Society of Agronomy. (Foundations for modern crop science series). https://doi.org/10.2135/1984.physiologicalbasis.frontmatter

Warwick, S.I. & Black, L. (1982). The biology of canadian weeds: 52. *Achillea millefolium* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 62 (1), 163–182. https://doi.org/10.4141/cjps82-024
Westerman, P.R. & Gerowitt, B. (2013). Weed seed survival during anaerobic digestion in biogas plants. *The Botanical Review*, 79 (3), 281–316. https://doi.org/10.1007/s12229-013-9118-7
Westerman, P.R., Heiermann, M., Pottberg, U., Rodemann, B. & Gerowitt, B. (2012). Weed seed survival during mesophilic anaerobic digestion in biogas plants. *Weed Research*, 52 (4), 307–316. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2012.00927.x
Wissman, J., Norlin, K. & Lennartsson, Y. (2015). *Invasiva arter i infrastruktur*. Centrum för biologisk mångfald, Triekol. https://media1.triekol.se/2020/02/98_Invasiva_arter_i_infrastruktur_TRIEKOL_hogupplost.pdf [2026-06-09]
Zaller, J.G. (2004). Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): a review. *Weed Research*, 44 (6), 414–432. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00416.x
Zhang, D., Armitage, A.M., Affolter, J.M. & Dirr, M.A. (1996). Environmental control of flowering and growth of *Achillea millefolium* L. `Summer Pastels'. *HortScience*, 31 (3), 364–365. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.3.364
Zhou, L., Hülsemann, B., Merkle, W., Guo, J., Dong, R., Piepho, H.-P., Gerhards, R., Müller, J. & Oechsner, H. (2020). Influence of anaerobic sigestion processes on the germination of weed seeds. *Gesunde Pflanzen*, 72 (2), 181–194. https://doi.org/10.1007/s10343-020-00500-y

Populärvetenskaplig sammanfattning

Intresset för biogasproduktion är växande i Sverige. Biogasproduktion möjliggör en effektiv och miljövänlig utnyttjande av restprodukter från livsmedelsindustrin, lantbrukssektorn, hushållsavfall, biomassa från vägkanter och obrukade åkermarker med mera. Dessa produkter matas in i biogasprocessen som med hjälp av mikroorganismer bryts ner till biogas och biogödsel under en syrefri process. Biogasen kan användas som energikälla till elektricitet, värme eller uppgraderas till drivmedel. Rötresten används som en växtnäringsprodukt och sprids på åkrar som organiskt gödselmedel. Detta gör att växtnäringen återförs tillbaka till åkern. Lantbruket står inför flera olika utmaningar i framtiden och ogräsproblem är ett av dem. Ökad resistensutveckling hos olika ogräsarter, liksom ett varmare klimat kan leda till att fler ogräsarter och invasiva växtarter riskerar att kunna etableras. Detta gör att frågan kring bekämpning av ogräs och invasiva växtarter är ständigt aktuell. I en biogasprocess kommer ogräsfrön och vegetativa växtdelar följa med in i processen från växtbiomassa, ensilagerester och djurgödsel. Frågan är, om dessa frön och generativa växtdelar överlever processen och därför riskeras att spridas ut via rötrester?

I denna studie undersöktes hur överlevnaden (vitaliteten) såg ut hos frön och vegetativa växtdelar efter vattenbad och rötning och vad det kan innebära när man sprider rötrester på åkern. De ogräsarter som studerades var rölleka, skräppa och parkslide. Överlevnaden av skräppafrön, röllekafrön och vegetativa växtdelar från rölleka och parkslide undersöktes efter vattenbad och rötning. Vattenbad genomfördes vid 37°C, 45°C och 52°C. Rötning genomfördes vid 37°C (under 1–32 dagar) och 52°C (under 1–16 timmar) och jämfördes med vattenbad vid samma temperaturer och tider. Efter avslutat vattenbad eller rötning testades överlevnaden hos ogräsfrön och vegetativa delar. En jämförelse gjordes också mellan vattenbad och rötning för att se om vattenbad är en mildare metod mot frön och växtdelar jämfört med rötning.

Resultatet visade att överlevnad hos frön och vegetativa delar påverkades både av temperatur och tid. Ju högre temperatur och längre tid desto lägre överlevnad. I vattenbad med frön var grobarheten och överlevnad lägre vid 52°C än vid 37°C och 45°C. Vid vattenbad och rötning vid 37°C och 52°C hade skräppafrön en högre överlevnad än röllekafrön.

Röllekans vegetativa delar hade högre överlevnad än parkslidens vid vattenbad i 37°C under 4 timmar. Vid högre temperatur, 52°C, fanns det dock inga skillnader mellan arterna och överlevnaden var låg, under 5%. Inga skillnader hittades i överlevnad mellan röllekans frön och vegetativa delar efter rötning. Inte heller var

det några skillnader i överlevnad mellan parkslidens olika vegetativa delar efter vattenbad. Studie visade att vattenbad är en mildare behandlingsmetod än rötning det vill säga att överlevnaden var högre efter vattenbad än vid rötning.

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Anneli Lundkvist för att med stort tålamod, entusiasm och kunskap guidat och stöttat mig genom hela processen. Jag har uppskattat dina uppmuntrande och kloka ord under resans gång. Utan din hjälp hade inte detta gått! Jag vill även rikta ett stort tack till Theo Verwijst för handledning, materialinsamling och att du alltid med glädje vill dela med dig av din kunskap och erfarenheter. Tack Anna Schnürer och gänget på Biocentrum för ett varmt och tryggt välkomnande hos er! Ni har alla fått mig att känna mig som en i gänget och gjort labarbetet till något roligt och spännande, trots att jag från början kände mig lite osäker inför det. Tack Anneli, Theo och Anna för alla svar på mina frågor och bollande av idéer. Jag är så tacksam att jag fått ha er som handledare till detta arbete. Jag vill även rikta ett stort tack till intendenturen på Ekologicentrum som med självklarhet alltid hjälpt mig med allt från materialfrågor till labfrågor. Tack till min fina vän Linnea Månsson som varit en självklar stöttepelare under hela studietiden. Utan dig hade jag aldrig kommit så här långt! Tack till mina kära vänner Amanda Olofzon Larzon och Mattias Gustafsson för så fina illustrationer och foton på parkslide. Sist men inte minst, stort tack till min kära familj och min fästman för ert stöd och orubbliga tilltro genom hela arbetet!

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316

☒ JA, jag, Elin Eliasson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.