



Påvirker sur nedbør planter sin spiringsprosent og vekst?

Forfattere: Elias Jegervatn Severinsen, Bjørn Werner Laug, Tobias Furuvald Sunde, Øyvind Hegge og Cislie Zhu Bratrok, Røyken vgs

SAMMENDRAG

Forskningsprosjektet vårt viser om sur nedbør påvirker veksten og spiringsprosenten til planter, og i dette forsøket valgte vi å bruke karsefrø som plante. Prosjektets forskningsspørsmål er om en løsning med like lav pH-verdi som sur nedbør, påvirker planter sin spiringsprosent og vekst. Vi testet tre sure løsninger med hver sin pH-verdi opp mot vanlig vann i vanning på karsefrø. Vi valgte pH-verdiene 5, 4 og 3. For å finne spiringsprosenten telte vi antall frø som spiret. For å finne veksten telte vi hvor mange av de spirete som overlevde etter en uke, og deretter målte vi lengden. Når vi sammenlignet prosent overlevende for løsningen på pH 3 i forhold til vann, ble forskjellen signifikant, mens spiringsprosentene hadde ingen signifikant forskjell fra kontrollen. Gjennomsnittslengden til plantene for de forskjellige pH-verdiene ble kortere jo surere løsning, men kun de plantene for pH 3 var signifikant kortere enn kontrollen. Ut ifra resultatene fra forsøket kan man konkludere med at sur nedbør med pH-verdi ned mot 3 og lavere, vil påvirke planter sin spiringsprosent og vekst.

INNLEDNING

Sur nedbør var en av de største miljøproblemene på 80- og 90-tallet (Miljødirektoratet, 2018). Sur nedbør er et resultat av fabrikker som slipper ut svovel- og nitrogenoksider som binder seg med vannet i luften og danner svovelsyre og salpetersyre. Dette fører til at vannet blir surt og kommer ned med lav pH-verdi. Nedbør som har pH-verdi lavere enn 5,6 defineres som sur nedbør, som oftest et resultat av menneskelige aktiviteter (Nils Fløttre, Øyvind Bønes & Einar Berg, 2018). Siden 80- og 90-tallet har det blitt gjort en rekke tiltak for å redusere utslippene av svovel- og nitrogenoksider, og i takt med tiltakene har forekomsten og intensiteten av sur nedbør gått ned. Men det er fortsatt et problem i Norge i dag, og det blir ofte målt nedbør med pH-verdi rundt fire (Nils Fløttre, Øyvind Bønes & Einar Berg, 2018), og i ekstreme tilfeller har det blitt målt sur nedbør med pH-verdi 3,6 i Sør-Norge (Nils Roll-Hansen, 1986). Ifølge Miljødirektoratet (2018) blir planteliv påvirket av det. Forskningsspørsmålet er om en løsning med like lav pH-verdi som sur nedbør, påvirker planter sin spiringsprosent og vekst. Dette er interessant å vite ettersom det fortsatt forekommer sur nedbør i naturen, ikke bare i Norge, men i hele verden (Ivar Nestaas, Tore Brænd & Kåre Olerud, 2017).

METODE**Forforsøk**

Før vi gjorde selve forsøket måtte vi finne ut noen viktige faktorer for at forsøket skulle gå slik som planlagt. Vi startet med noen forforsøk for å finne ut hvor mye vann som trengtes, hvor ofte de måtte vannes og hvor mye lys de måtte ha. I det første forforsøket tok vi skåler med bomull og vann i, og plantet frø i dem. Hver skål fikk sin egen vannmengde, og vi satt alle skålene i en vinduskarm slik at de fikk samme lysmengde. Vi vannet to ganger i uken. Det første forforsøket ble mislykket, fordi plantene døde før spiring. Årsaken til dette er usikker, en mulig grunn er for lite vann. I andre forforsøk brukte vi større vannmengder, en lampe som lyskilde, og gjorde resten av forforsøket likt som første. Etter at andre forforsøk også ble mislykket, så gjorde vi et tredje forforsøk med enda større vannmengder. Tredje forforsøk ble også mislykket. På det fjerde forforsøket brukte vi større skåler, la et lag plast over toppen for å holde på vannet, og en lampe som lyskilde. Vi trengte aldri å vanne mer enn det vannet de fikk fra starten av siden det alltid lå betydelig med vann i bomullet, og etter én uke stoppet plantene å vokse. Alle plantene vokste bra og vi fant ut at plantene ble ferdigvokst etter én uke, og at 40 ml vann, 1,5 g bomull i bunn av skålene og en lampe som lyskilde var gunstig for plantene.

Hovedforsøk

Vi startet hovedforsøket med å ta tolv 300 ml begerglass og legge 1,5 gram bomull i hvert glass, og fordelte det flatt i bunn av dem. Etter det sådde vi frøene. Vi brukte 25 karsefrø i hvert begerglass, og fordelte de jevnt på overflaten av bomullen. Vi passet på at ingen frø falt under bomullen eller var nær siden av begerglasset. Etter det delte vi begerglassene inn i grupper, tre og tre sammen, totalt fire grupper. Hver gruppe skulle senere bli vannet med en vannløsning av hver sin pH-verdi og en kontrollgruppe med vanlig vann.

Vi hadde fire forskjellige løsninger å vanne med, en med vanlig vann, en med pH 5, en med pH 4 og en med pH 3. For å lage surt vann startet vi med 2 molar salpetersyre og 2 molar svovelsyre, og uttynnet de med vann til de fikk pH-verdiene 3, 4 og 5. Vi tok så og blandet sammen salpeterløsningene og svovelløsningene av samme pH i et blandingsforhold på 1:1.

Ut ifra resultatene vi fikk i forforsøkene brukte vi en vannmengde på 40 ml for hvert begerglass. Vi vannet hver gruppe med sin egen løsning av en pH-verdi, da fikk vi tre glass med vanlig vann, tre glass med en løsning på pH 5, tre glass med en løsning på pH 4 og tre glass en løsning på pH 3. Vi tok så og festet et lag gjennomsiktig plast over alle begerglassene, og stakk fem hull i plasten for luft til plantene. Etter det tok vi alle tolv begerglassene og satt under en drivhuslampe med omtrent lik avstand fra lampen.

Etter tre dager så vi på hvor mange av frøene som hadde spiret av hver gruppe, og telte de opp. Etter en uke hadde plantene stoppet å vokse og var klar til måling. Dette basert på erfaringer fra forforsøkene. Vi startet med å telle hvor mange planter som hadde overlevd av de spirte. Etter det så målte vi lengden til hver individuelle plante. For å måle lengden til en karseplante tok vi først ut planten av begerglassene og strakk den ut. På bildene under ser vi eksempler på en plante før (venstre bilde) og etter (høyre bilde) de er strukket ut.



Figur 1 (t.v.): Karseplante rett fra begerglasset. Figur 2 (t.h.): Samme plante som fra figur 1, men nå strukket ut. Foto: privat

Etter å ha strukket ut planten målte vi lengden til den. Vi målte fra skille mellom rot og stilk, der fargen går fra brun til lys grønn, til slutten på det ytterste bladet. Se avstanden mellom de røde strekene på bildet under.



Figur 3: Her ser vi avstanden vi målte, mellom de røde strekene, fra starten av stilken til tuppen av det ytterste bladet. Foto: privat

DATA

Analyse av data

Under analyse av dataene ble alt av rådataene ført over i Excel hvor vi noterte lengde og beregnet gjennomsnitt og standardavvik. Metoden vi brukte for å bestemme lengden til plantene på, var ved linjal hvor vi målte fra rota og opp til tuppen av bladene. Dataene for hvor stor andel av plantene som spirte og overlevde målte vi ved å telle. Vi definerte en plante som spirt om den hadde fått en stilk eller åpning i frøet, og overlevende planter for de karsene som etter én uke hadde overlevd og fått blader. I GeoGebras sannsynlighetskalkulatoren testet vi verdiene i en normalfordeling for å finne en P-verdi og sammenlignet så P-verdiene mot kontrollen for å avgjøre om verdiene var signifikant eller ikke. Vi brukte signifikansnivået 0,05 siden dette er vanlig signifikansnivå (Braut, 2018).

Resultater

Tabell 1: Dataene under viser behandlet data fra rådataene til målingene og tellingen av spirte og overlevende planter. Vi definerte spirt om de frøene som hadde begynt å få en stilk, og overlevende om de plantene som hadde overlevd etter én uke og fått blader. Tabell av rådataene ligger vedlagt etter kildelista nederst i artikkelen. Totalt var det 25 frø i hver skål og 75 frø per pH-verdi.

Tabell 1: Resultater og sannsynligheter fra forsøk

	Kontroll	pH 5	pH 4	pH 3
Antall spirte	73	75	75	73
Antall overlevende	68	71	71	36
Totallengde	94,9 cm	95,4 cm	87,2 cm	32,2 cm
Gjennomsnittslengde	1,40 cm	1,34 cm	1,23 cm	0,89 cm
Lengste	2,2 cm	2,1 cm	2,1 cm	1,4 cm
Korteste	0,6 cm	0,6 cm	0,5 cm	0,4 cm
Spiringsprosent	97 %	100 %	100 %	97 %
Prosent overlevende	93 %	94 %	94 %	49 %
Standardavvik på lengden	0,301	0,298	0,357	0,283

Tabell 2: Sammenligninger i normalfordeling mot kontroll

pH-Verdi	Hva sammenlignes	P-verdi
3	Gjennomsnittlig lengde	0,0454
4	Gjennomsnittlig lengde	0,2864
5	Gjennomsnittlig lengde	0,4211
3	Spiringsprosent	0,5007
4 og 5	Spiringsprosent	0,0757
3	Prosent overlevende planter av planter plantet	0
4 og 5	Prosent overlevende planter av planter plantet	0,117
3	Prosent overlevende planter med hensyn på spiringsprosent	0
4 og 5	Prosent overlevende planter med hensyn på spiringsprosent	0,0768

Diagram 1: Gjennomsnittslengder etter gruppe, fra vanlig vann til pH 3

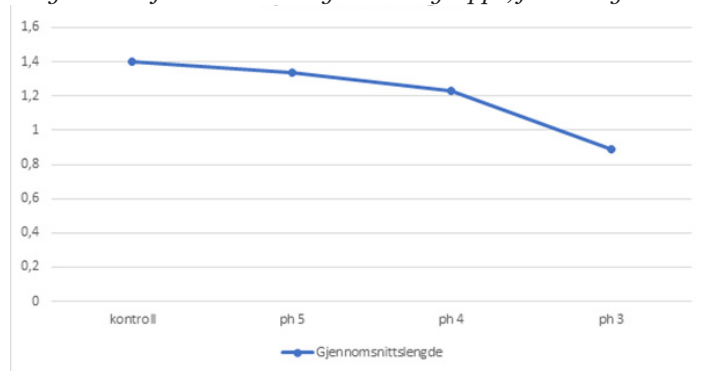
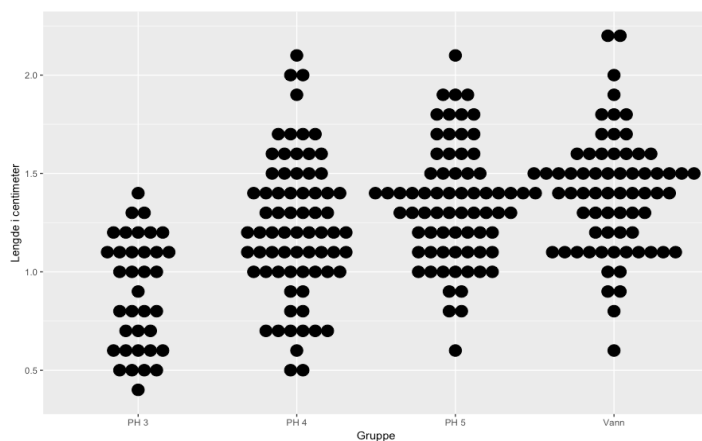
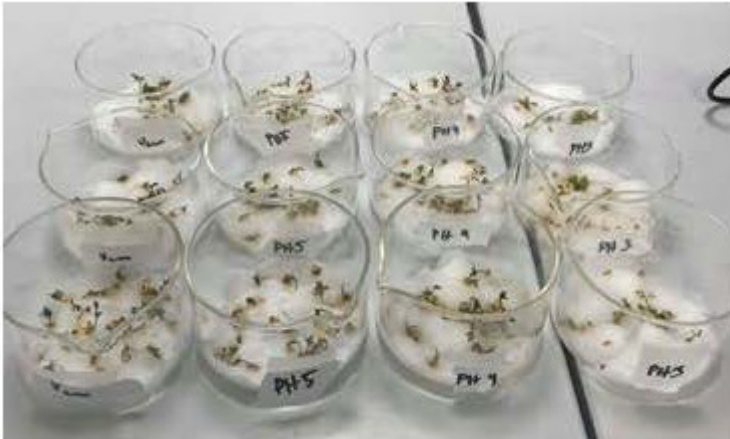


Diagram 2: Dotplot av målt lengde til karsefrøene for de ulike gruppene



I diagram 2 vises alle de målte lengdene til karsefrøene. Prikker som ligger vertikalt ved siden av hverandre i gruppene viser frø med samme målte lengde. Vi ser fordelingen på lengdene til de ulike gruppene, fra maks til minimum. Fra diagrammet kan vi tydelig se forskjell for gruppen med pH 3 mot de andre gruppene.



Figur 4: Bilde av alle plantene etter én uke. F.V. vann, pH 5, pH 4, pH 3. Foto: Privat

DISKUSJON OG FEILKILDER

Forsøket vårt hadde relativt få feilkilder. De forskjellige variablene ble kontrollert. Vi sørget for at alle plantene fikk lik mengde med lys og vann, og at alle vokste opp i den samme konstante temperaturen. Vi plantet også frøene i bomull istedenfor jord siden jord kan ha ukjente stoffer i seg og det kan ikke kontrolleres av oss. En usikkerhet under forsøket var når vi skulle måle lengden på plantene. Vi målte så nøyaktig som mulig med de verktøyene vi hadde tilgjengelig, som var en vanlig linjal og papir, men allikevel er det sannsynlig at målingene har blitt litt unøyaktige. En eventuell feilkilde kan ha vært at noen frø ble sådd litt nærmere hverandre enn andre, og dermed kan noen frø ha fått tatt til seg mindre vann enn andre. En annen mulig feilkilde kan være at karsefrøene vi brukte var gamle. Enda en feilkilde kan ha vært at forsøket og plantingene ikke ble gjort i et sterilt miljø (f.eks. i et plantelaboratorium), og at mulige mikroorganismer kan ha påvirket plantene.

I *tabell 1* presenteres spiringsprosenten, som hadde omtrent like verdier for kontroll og pH 3, pH 4 og pH 5. Frøene vi brukte var gamle og vi tror derfor at spiringsprosenten kan være påvirket av det. Det er viktig å merke at vi valgte tilfeldige frø fra posen, uten å vite noe om de hadde evnen til å spire eller ikke. Men med alle verdier opp mot 100 %, og ikke noe tydelig signifikant P-verdi, som vi ser i *tabell 2*, kan vi ikke konkludere med at de verdiene er statistisk signifikant forskjellig fra hverandre.

Verdiene for lengdene til plantene har større variasjon mellom de forskjellige gruppene enn for spiringsprosentene. Vi ser at gjennomsnittet blir lavere desto lavere pH-verdien er. Dette tyder på at lavere pH-verdi fører til lavere vekst for plantene. Ser en derimot på P-verdiene for pH 3, pH 4 og pH 5 i *tabell 2*, ser vi ikke noen signifikant forskjell i pH 4 og pH 5, men P-verdien for pH 3 er signifikant forskjellig fra kontrollgruppen. Dette fordi en P-verdi på 0,0454 er lavere enn vårt signifikansnivå på 0,05. Dette kan tyde på at sur nedbør har en effekt på vekstraten til karsefrø, men at det ikke har en betydelig forskjell før surheten går ned mot pH 3.

For prosent overlevde planter er det kun gruppen med pH 3 som er signifikant forskjellig fra kontrollen. I *tabell 2* ser vi at P-verdien for pH 3 er 0, noe som veldig tydelig er signifikant. Både gruppen med pH 4 og pH 5 hadde en verdi i nærheten av signifikansnivået, men på motsatt ende av normalfordelingen i forhold til pH-3. Mulig feilkilde kan være tilfeldigheten ved å trekke frø fra posen, som kan ha påvirket resultatene og ført til at det kan antydes at det er bedre å gro planter i en løsning på pH 4 eller pH 5 enn i vanlig vann. For å avdekke denne feilkilden kunne vi ha utført ytterligere forsøk.

Vi ser altså ikke noen signifikant forskjell for verdiene på resultatene før vi kommer ned på pH 3. Det måles jevnlig sur nedbør i Norge som ligger på omkring pH-verdi 4 (Nils Fløttre, Øyvind Bønes & Einar Berg, 2018). Det vil altså si at ut ifra resultatene vi fikk under dette forsøket, så vil ikke sur nedbør ha noen negativ effekt på karseplanter i spiringsfasen eller på veksten til karseplanter, før det blir virkelig surt nedbør, ned mot pH 3 og lavere. Med resultatene vi fikk kan vi si at mesteparten av den sure nedbøren som forekommer i Norge ikke vil gi noen signifikant forskjell for spiringsprosenten og veksten til karseplanter, som kan tyde på at det også gjelder for andre planter.

KONKLUSJON

Om vi ser på resultatene fra forsøket, ser vi tydelig at sur nedbør har en signifikant betydning for veksten til planter hvis pH-verdien går ned mot pH 3. Vi ser også at gjennomsnittslengden til plantene blir kortere ettersom vi brukte en løsning med lavere pH-verdi. Men vi kan ikke konkludere med at noen annen pH-verdi var signifikant enn pH 3. For spiringsprosenten derimot kan vi ikke konkludere med at sur nedbør vil ha noe effekt. Ser vi på resultatene som en helhet, så kan vi konkludere med at sur nedbør først får en signifikant betydning ved en pH-verdi på 3, og at planter vil kunne greie seg i sur nedbør med pH-verdier over 3.

REFERANSER

- Braut, G. S. (2018, Juni 26). *Statistisk signifikans*. Hentet fra SNL: https://snl.no/statistisk_signifikans
- Fløttre, N. H., Bønes, Ø., & Berg, E. (2018, September 12). *Sur nedbør*. Hentet fra NDLA: <https://ndla.no/nb/node/25611?fag=7>
- Miljødirektoratet. (2018, April 09). *Sur nedbør*. Hentet fra miljøstatus: <http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/sur-nedbør/Rapport>
- Nestaas, I., Brænd, T. J., & Olerud, K. (2017, August 28). *Sur nedbør*. Hentet fra SNL: https://snl.no/sur_nedb%C3%B8r
- Sundig, P. (2009, Februar 14). *Karse*. Hentet fra SNL: <https://snl.no/karse>
- Roll-Hansen, N. (1986). *Surnedbør-etstorsprosjektinorskmiljøforskning*. Hentet fra NAVF-melding: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2491017/NAVF-melding1986-4.pdf?sequence=1>

Tabell 3: Rådata

I cm per overlevende plante	Vann	PH 5	PH 4	PH 3
Nr. 1	1,7	1,5	1,5	0,8
Nr. 2	1,5	1,3	1,4	1,2
Nr. 3	1,8	1,8	1,3	1,1
Nr. 4	1,8	1,6	1,2	1,3
Nr. 5	1,1	1,3	1,1	1,0
Nr. 6	1,6	1,7	1,5	1,1
Nr. 7	1,3	1,3	1,3	1,1
Nr. 8	1,1	1,4	1,1	1,3
Nr. 9	1,6	1,7	1,4	1,0
Nr. 10	1,4	0,9	1,9	1,2
Nr. 11	1,2	1,2	2,0	0,6
Nr. 12	1,4	1,1	1,3	0,5

Nr. 13	2,0	1,4	1,4	1,1
Nr. 14	1,5	1,1	1,2	1,0
Nr. 15	0,8	0,9	2,1	1,1
Nr. 16	1,0	1,8	1,4	1,4
Nr. 17	1,5	1,5	1,7	1,2
Nr. 18	1,1	1,6	0,7	0,6
Nr. 19	1,2	1,0	1,6	1,2
Nr. 20	1,6	1,1	1,6	0,6
Nr. 21	1,1	1,1	0,5	0,8
Nr. 22	1,5	1,2	0,5	0,8
Nr. 23	1,5	1,8	1,0	0,7
Nr. 24	0,6	1,7	1,5	0,8
Nr. 25	1,5	1,6	1,1	0,6
Nr. 26	1,4	1,4	1,1	0,7
Nr. 27	1,6	1,0	1,4	0,7
Nr. 28	2,2	1,9	0,9	1,2
Nr. 29	1,5	0,8	1,1	1,1
Nr. 30	1,4	1,4	0,7	0,9
Nr. 31	1,1	1,4	1,0	1,0
Nr. 32	1,6	1,2	1,0	0,6
Nr. 33	1,6	1,3	0,9	0,5
Nr. 34	1,9	1,3	1,7	0,5
Nr. 35	1,5	1,4	1,2	0,4
Nr. 36	1,1	1,4	1,3	0,5
Nr. 37	1,5	1,3	1,1	
Nr. 38	2,2	1,2	1,5	
Nr. 39	1,8	1,0	1,1	
Nr. 40	1,5	0,6	1,2	
Nr. 41	1,3	1,1	1,2	
Nr. 42	1,3	1,3	1,5	
Nr. 43	1,3	1,4	1,2	
Nr. 44	1,3	1,4	1,2	
Nr. 45	1,5	1,0	1,3	
Nr. 46	1,1	1,1	1,4	
Nr. 47	1,3	1,4	1,7	
Nr. 48	1,4	1,8	1,6	
Nr. 49	1,4	1,3	1,3	
Nr. 50	0,9	2,1	1,2	
Nr. 51	1,2	1,7	1,0	

Nr. 52	0,9	1,4	0,6	
Nr. 53	1,5	1,5	1,0	
Nr. 54	1,4	1,5	0,7	
Nr. 55	1,2	1,3	2,0	
Nr. 56	1,1	1,4	0,7	
Nr. 57	1,4	0,8	0,7	
Nr. 58	1,7	1,1	1,6	
Nr. 59	1,7	1,6	1,4	
Nr. 60	1,6	1,9	1,1	
Nr. 61	1,4	1,2	1,7	
Nr. 62	1,1	1,9	0,8	
Nr. 63	1,0	1,3	1,6	
Nr. 64	1,5	1,5	1,2	
Nr. 65	1,4	1,0	1,0	
Nr. 66	1,1	1,4	1,0	
Nr. 67	1,1	1,4	1,4	
Nr. 68	1,5	1,2	1,1	
Nr. 69		1,2	1,0	
Nr. 70		1,0	0,8	
Nr. 71		1,0	0,7	