

| | | |
|--|-----------|------------|
| Kvælstoffjernelse ved vanding med drænvand | Ansvarlig | skh |
| | Oprettet | 07-09-2021 |
| Projekt: [Projektnr, Projekt navn] | Side | 1 af 4 |

Kvælstoffjernelse ved vanding med drænvand

Der er stigende interesse blandt landmænd for markvanding på bedre jordtyper, hvor der traditionelt ikke har været etableret markvanding til landbrugsafgrøder. Det skyldes, at markvanding sikrer højere udbytter, øget dyrkningssikkerhed og ikke mindst bedre mulighed for dyrkning af højtstående afgrøder, hvor dyrkningssikkerhed og afgrøde kvalitet er særligt væsentligt. I mange områder af landet kan det imidlertid være umuligt at få tilladelse til indvinding af grundvand til markvanding. Derfor er der stigende interesse for etablering af vandreservoirs til opmagasineret drænvand til markvanding. Det har været praktiseret i mange år på Samsø og nogle andre øer. På Samsø findes der over 80 vandreservoirs til opmagasineret drænvand til markvanding.

Ved markvanding med opmagasineret drænvand vil der ud over muligheden for vanding også kunne opnås en stor kvælstoffjernelse og tilbageholdelse af fosfor. I det følgende er beskrevet de forskellige kvælstofeffekter, der vil være forbundet med vanding med opmagasineret drænvand. Det er også beskrevet, hvilke effekter, der kan opnås, hvis der tilføres ekstra drænvand til vandreservoiret med henblik på at øge kvælstoffjernelsen og tilbageholdelsen af fosfor.

Kvælstofeffekter

Opmagasineret drænvand til markvanding har flere effekter på kvælstofudledningen. Effekterne er forskellige for det drænvand, der opmagasineres og efterfølgende anvendes til at vande med, og så det drænvand, der ledes gennem vandreservoiret.

Kvælstoffjernelse i vandreservoiret

Drænastrømningen sker hovedsagelig i månederne november-marts. Størst drænastrømning er der typisk i november, december og januar. Markvanding sker normalt i månederne maj-juli. Det betyder, at opholdstiden for det drænvand i vandreservoiret, der anvendes til markvanding, typisk er 4-7 måneder.

Det er her vurderet, at et vandreservoir med hensyn til kvælstoffjernelse bedre kan sammenlignes med en sø end med et minivådområde, der er designet til at optimere kvælstoffjernelsen. Til gengæld er vandets opholdstid i et vandreservoir generelt meget længere end i et minivådområde. Kvælstoffjernelsen er derfor forsøgt beregnet med sømodellen, der beregner kvælstoffjernelsen ud fra vandvolumenet i en sø og den årlige vandtilførsel. Ved en opholdstid på 4 måneder kan kvælstoffjernelsesraten beregnes til 34 pct. Ved en opholdstid på 6 måneder stiger kvælstoffjernelsesraten til 37 pct. Her er regnet med en kvælstoffjernelse på 34 pct.

Hvis der tilføres mere drænvand til vandreservoiret, end reservoirets volumen, kan opholdstiden beregnes ud fra vandvolumenet og den daglige drænastrømning. Hvis drænastrømningen i gennemsnit sker på 150 dage og der tilføres en ekstra mængde drænvand svarende til reservoirets volumen, så vil det svare til en opholdstid på 150 dage. Kvælstoffjernelsesraten for det drænvand, der gennemstrømmer reservoiret, kan da beregnes til 30 pct. med sømodellen.

Kvælstoffjernelse i marken ved vanding

Vandingsvand tilføres kun markerne på tidspunkter, hvor der er en afgrøde, der er i vækst og optager næringsstoffer. Ved vanding med 100 mm (1000 m³ pr. ha) opsamlet drænvand og et kvælstofindhold på 7 g N pr. liter, så tilføres der blot 7 kg N pr. ha. Det kvælstof, der tilføres med vandingsvandet, kan dog – alt andet lige – føre til en merudvaskning. Kvælstoftilførsel med vandingsvand kan udvaskningsmæssigt sidestilles med tilførsel af kvælstofgødning, da der i begge tilfælde er tale om kvælstoftilførsel til planter i

vækst. Marginaludvaskningen omkring den økonomisk optimale kvælstoftilførsel er ifølge NLES modellen (Børgesen, 2019) i gennemsnit 17 pct. for landbrugsafgrøder. Det betyder altså, at 83 pct. af det kvælstof, der tilføres med vandingsvandet, kan antages at blive fjernet i rodzonen.

Kvælstoffjernelse ved retention mellem rodzone og vandløbskant

Ifølge en analyse af kvælstoftransporten på dræned arealer (Højberg, 2020), der er gennemført på baggrund af data fra modelleringer med nitratmodellen (retentionskortlægningen), så er det i gennemsnit 40 pct. af rodzoneudvaskningen, der transporteres via dræn til vandløb uden nitratreduktion. Ud af de 60 pct. af kvælstofudvaskningen fra rodzonen, der ikke strømmer af via dræn, er det kun 10 pct., der når frem til et vandløb, dvs. det er i gennemsnit 6 pct. af rodzoneudvaskningen på dræned arealer (moræneflader), der udledes til vandløbskant uden om drænsystemerne. Med i alt (40 + 6 =) 46 pct. udledning til vandløbet, kan den samlede kvælstoffjernelse mellem rodzone og vandløbskant dermed estimeres til i gennemsnit 54 pct.

Samlet kvælstoffjernelse

Den samlede kvælstoffjernelsesrate, fra indløb af drænvand i vandreservoir og til udløb i vandløb, kan estimeres til 95 pct., når effekten af den øgede N-bortførsel med det højere udbytte ikke er indregnet (tabel 1).

Tabel 1. Kvælstoffjernelsesrater for kvælstof i drænvand til markvanding, pct. af tilført N

| | N-fjernelsesrate, pct. |
|---------------------------|------------------------|
| I vandreservoir | 34 |
| I marken | 83 |
| Mellem rodzone og vandløb | 54 |
| Samlet | 95 |

Tabel 2. Kvælstoffjernelsesrater for kvælstof i drænvand ved tilførsel af ekstra drænvand (gennemstrømmer reservoir), pct. af tilført N i det ekstra drænvand

| Ekstra drænvand i pct. af vandvolumen i reservoir | N-fjernelsesrate, pct. (for den ekstra N-mængde) |
|---|---|
| 100 pct. | 30 |
| 200 pct. | 27 |
| 300 pct. | 25 |
| 400 pct. | 23 |

Afledte kvælstofeffekter i marken som følge af markvanding

I ovenstående betragtninger om kvælstoffjernelse med vanding med opmagasineret drænvand indgår ikke, at vanding øger udbyttet betydeligt og at vandet sandjord derfor også har en højere kvælstofkvote end uvandet sandjord. Hvis der er tale om sandjord, og arealet ikke var vandet før etablering af vandreservoir til opmagasineret drænvand, så vil der være nogle afledte kvælstofeffekter. En vandet sandjord har typisk en kvælstofkvote, der er 20 kg N højere pr. ha end en tilsvarende uvandet sandjord. Hvis merudvaskningen ved tilførsel af ekstra 20 kg N beregnes med NLES5 marginaludvaskningsfaktoren på 17%, så giver det en merudvaskning på 3,4 kg N pr. ha. I virkeligheden er merudvaskningen mindre, specielt i tørre år, fordi vandingen sikrer en generelt bedre udnyttelse af det tilførte kvælstof. I gennemsnit kan man regne med, at 10 m³ vandingsvand pr. ha, svarende til 1 mm, øger udbyttet med 20 kg kerne pr. ha. Ved vanding med 100 mm er merudbyttet da typisk 20 hkg kerne og 12 hkg halm. Dette ekstra udbytte af kerne og halm vil typisk indeholde 25-30 kg N pr. ha. I tørre år med fuldt vandingsbehov vil markvanding reducere udvaskningen på trods af den ekstra kvælstoftilførsel. I år med et mindre vandingsbehov er udbytteforskellen mellem vandet og uvandet mindre, og dermed er effekten på kvælstofudvaskningen også mindre.

Beregningseksempel

Eksemplet er baseret på, at en landmand et sted Danmark, hvor det ikke er muligt at få tilladelse til at indvinde grundvand til markvanding, ønsker at vande 40 ha med opmagasineret drænvand.

Et vandingsanlæg bestående af et pumpeanlæg og én vandingsmaskine kan typisk vande 30-40 ha, så i dette eksempel etableres der ét vandingsanlæg med 1 pumpe og 1 vandingsmaskine.

Der er her regnet med, at der opsamles en vandmængde, så der kan vandes med 100 mm årligt. Det svarer til 1.000 m³ pr. ha. For at vande 40 ha skal der således opmagasineres 40.000 m³ årligt. Hvis den gennemsnitlige vanddybde i reservoiret er 4 m, så kræver det et vandspejl i vandreservoir på 10.000 m² (1 ha). Vandspejlet i reservoiret har således et areal, der udgør 2,5 pct. af det vandede areal. Dertil kommer, at der skal anvendes mindst 0,5 ha til digeanlæg. Som tommelfingerregel vil et vandreservoir til markvanding lægge beslag på et areal svarende til 3-4 pct. af det areal, der kan vandes fra anlægget.

Mængden af drænvand, der afledes pr. ha, varierer meget fra år til år og afhængig af lokaliteten. På de fleste drænede arealer udgør afledningen af vand via drænene mellem 100 og 300 mm. Her er der regnet med en drænaflledning på 200 mm. For at opsamle drænvand til vanding af 40 ha (40.000 m³) skal der således opsamles drænvand fra ca. 20 ha, hvis drænaflledningen er 200 mm.

Hvis formålet med vandreservoir udelukkende er opsamling af vanding til markvanding, vil man kun pumpe netop den mængde vand i reservoiret, som det kan rumme, dvs. i dette eksempel 40.000 m³. Hvis formålet også er kvælstof- og fosforfjernelse, så giver det mening at pumpe mest muligt drænvand i reservoiret. Det ekstra drænvand vil blot blive ledt igennem reservoiret, men der vil ske en kvælstoffjernelse, da drænvandets opholdstid i reservoiret er relativt lang. Dertil kommer, at der vil blive opfanget fosfor ved sedimentation.

Her er der regnet på 5 scenarier. Et vandreservoir på 40.000 m³ tilføres henholdsvis 40.000, 80.000, 120.000, 160.000 og 200.000 m³ drænvand. Det svarer til mængden af drænvand fra henholdsvis 20, 40, 60, 80 og 100 ha, hvis drænaflstrømningen er på 200 mm (2.000 m³ pr. ha).

Her er regnet med en gennemsnitlig rodzoneudvaskning på 50 kg N pr. ha årligt. Der er endvidere regnet med, at 40 pct. af rodzoneudvaskningen udledes via drænene. Det svarer til 20 kg N pr. ha. Det svarer også til, at drænvandet i gennemsnit indeholder 10 mg N pr. liter. For de 60 pct. af rodzoneudvaskningen, der ikke udledes via dræn, er der regnet med, at 10 pct. udledes til vandløbskant via grundvandsstrømning. Det svarer til 3 kg N pr. ha. Den samlede kvælstoftransport til vandløbskant udgør da 23 kg N pr. ha.

Tabel 3. Eksempel på kvælstoffjernelse ved etablering

| | Tilførsel til vandreservoir på 40.000 m ³ og vanding med 40.000 m ³ | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Drænopland, ha | 20 ha | 40 ha | 60 ha | 80 ha | 100 ha |
| Vandmængde tilført, m ³ | 40.000 m ³ | 80.000 m ³ | 120.000 m ³ | 160.000 m ³ | 200.000 m ³ |
| Markvanding, m ³ | 40.000 m ³ | 40.000 m ³ | 40.000 m ³ | 40.000 m ³ | 40.000 m ³ |
| Gennemstrømning, m ³ | 0 m ³ | 40.000 m ³ | 80.000 m ³ | 120.000 m ³ | 160.000 m ³ |
| Kvælstoftilførsel, kg N | 400 kg N | 800 kg N | 1.200 kg N | 1.600 kg N | 2.000 kg N |
| N-fjernelsesrater, pct. | 95% | 95% + 30% | 95% + 27% | 95% + 25% | 95% + 23% |
| Kvælstof fjernet, kg N | 380 kg N | 500 kg N | 600 kg N | 680 kg N | 750 kg N |
| N-fjernelse samlet, pct. | 95% | 63% | 50% | 43% | 37% |

Omkostninger og omkostningseffektivitet ved kvælstoffjernelse ved vanding med drænvand

Omkostningerne ved kvælstoffjernelse ved etablering af et vandreservoir til opmagasinerings af drænvand er beregnet med udgangspunkt i, at etableringen af selve vandingsanlægget (pumpe + vandingsmaskine) kan betales af det merudbytte, der opnås i marken. I så fald er prisen på kvælstoffjernelsen alene baseret på omkostningerne ved etablering af vandreservoiret og pumpning af drænvand til reservoiret. Erfaringsvis koster etablering af selve vandreservoiret typisk 10-15 kr. pr. m³, der kan opmagasineres. Prisen afhænger af, hvor dybt reservoiret kan laves, og om underjorden er leret, så der let kan etableres en naturlig lermembran i bunden. Her er der regnet med omkostninger på 15 kr. pr. m³. I eksemplet med et vandreservoir, der kan rumme 40.000 m³, bliver etableringsomkostningen da 600.000 kr. Dertil kommer værdiforringelsen af de ca. 1,5 ha, som reservoiret beslaglægger. Det er her estimeret til 150.000 kr. Den samlede omkostning af da 750.000 kr. Fordelt over 30 år er det 25.000 kr. pr. år.

Pumpning af ekstra drænvand i reservoiret vil typisk koste 0,1 kr. pr. m³. For hver 40.000 m³ drænvand bliver det til en omkostning på 4.000 kr.

| | Tilførsel til vandreservoir på 40.000 m³ og vanding med 40.000 m³ | | | | |
|------------------------------------|--|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Drænopland, ha | 20 ha | 40 ha | 60 ha | 80 ha | 100 ha |
| Vandmængde tilført, m ³ | 40.000 m ³ | 80.000 m ³ | 120.000 m ³ | 160.000 m ³ | 200.000 m ³ |
| Kvælstof fjernet, kg N | 380 kg N | 500 kg N | 600 kg N | 680 kg N | 750 kg N |
| Omkostn. reservoir, kr./år | 25.000 kr. | 25.000 kr. | 25.000 kr. | 25.000 kr. | 25.000 kr. |
| Pumpning ekstra, kr./ha | 0 kr. | 4.000 kr. | 8.000 kr. | 12.000 kr. | 16.000 kr. |
| Pris pr. kg N fjernet, kr. | 66 kr. | 58. kr. | 55 kr. | 54 kr. | 55 kr. |