



Rost i rören

Martin Pettersson

Ingrid Wesström

SLU
Institutionen för mark & miljö
Seminariearbete i kursen Marken i odlingen

Uppsala 2013

Abstract

The underlying processes which give rise to ochre problems in drainage are biochemical. It is a reaction based on bacterial oxidization of iron, if nothing is done the drainage pipes will be clogged. On soils that have ochre problems there is no reliable protection to prevent that the drainage system would be clogged. Therefore, the goal is to slow down and reduce the extent of problems. This is best done by submerged drainage system which implies that the system is filled with water under a longer period of the year. Anaerobic condition reduces the bacterial oxidization of iron. Other possibilities to minimize the risk are to over sizing the system and use more envelop material. In this way the system will avoid being clogged and could be used for a longer time with satisfactory results.

Innehållsförteckning

Introduktion	4
Bakomliggande faktorer	5
Redoxreaktion.....	5
pH:s betydelse för järnets löslighet	6
Jordartens betydelse för järnförekomsten.....	6
Inströmning och tryckvattnets betydelse för rostutfällningar	7
Åtgärder för att minska risk för rostutfällningar i dräneringssystem.....	7
Öppna diken.....	7
Filtermaterial	8
Undervattensdränering/Reglerbar dränering	8
Spolrensning av täckdikningssystem.....	11
Slutsats/Diskussion.....	12
Tackord.....	13
Referenser.....	13

Introduktion

Täckdikning av åkermark har återigen blivit ett aktuellt ämne inom svenskt jordbruk som en åtgärd för att optimera växtodlingen. Detta beror delvis på att de befintliga systemen börjar bli till åren komna samt att de senaste åren har varit nederbördsrika. Det finns i dagens läge flertalet sätt att gå tillväga vid en täckdikning samt en uppsjö av ledningar och filtermaterial. Vilka alternativ som är bäst beror mycket på de lokala förutsättningarna. I denna litteraturstudie har tillvägagångssätt av täckdikning på jordar med rostutfällningsproblematik sammanställts.

På dessa jordar krävs speciella åtgärder för att systemet skall fungera tillfredställande. Om man bortser från dessa åtgärder riskerar systemet att bli obrukbart inom en tioårsperiod (Kvarnemo, 1983). Detta får till följd att en omdikning måste göras vilket är en ekonomisk kostsam insats. Markvätskans pH och järnhalt tas upp både från ett geologiskt och topografiskt perspektiv i uppsatsen samt bakomliggande biokemiska processer. Förslag på metoder som kan användas för att reducera inverkan av rostutfällningar förklaras även i denna uppsats.

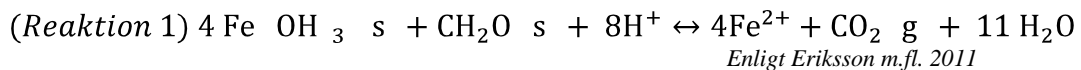
Bakomliggande faktorer

Redoxreaktion

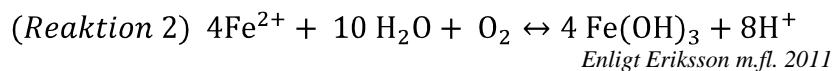
Det som ger upphov till rostutfällningar i täckdikningssystem är i själva verket resultatet utav en biologisk/kemisk oxidationsprocess där mikroorganismer spelar en väsentlig roll (Kvarnemo, 1983). Mikroorganismerna bryter ned organiskt material genom sin respiration och försörjer sig på detta sätt med energi. Processen är dock syrekrävande dvs. aerob miljö krävs. Beroende på om jorden är mer eller mindre vattenmättad kommer mikroorganismerna att förbruka syre snabbare än det tillförs. Detta som en följd av att syrgasen diffunderar betydligt långsammare i vattenfyllda markporer än i luftfyllda. Omfattningen av denna process är beroende av aspekter såsom gynnsam temperatur för mikroorganismerna och mängd organiskt material i marken. Oxidationsprocess där organiskt material oxideras och syrgas reduceras är den vanligast förekommande redoxprocessen i marken (Eriksson, m.fl., 2011).

När marken är vattenmättad kommer syrgasen vara en begränsande faktor för mikroorganismerna pga. den låga diffusionshastigheten och en anaerob miljö kommer att uppstå. För att mikroorganismerna ska kunna oxidera organiskt material och utvinna energi krävs att de avgivna elektronerna förbrukas genom reduktion av något annat ämne det vill säga att oxidationstegen ska överensstämma med reduktionstegen. Vilken jon eller förening som oxideras respektive reduceras bestäms utifrån oxidationstalet som enkelt kan förklaras som elektrontillstånd. För fria joner är laddningen ofta detsamma som oxidationstalet. I många jordar är det vanligt förekommande att tvåvärt järn (Fe^{+II}) får agera elektronacceptor (Eriksson, m.fl., 2011).

Redoxreaktion under syrefria förhållanden (anaerob miljö) kan se ut som följande där CH_2O representerar organiskt material och Fe^{+III} representeras av $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



Detta leder till fritt järn i markvattnet i form av tvåvärt järn som sedan transporteras mot dräneringsledningarna. Vid dräneringsledningen kommer det fria järnet stöta på syrgas samt att en annan mikroorganismflora är närvarande (Berglund, m.fl., 1984). Detta kommer då i sin tur leda till en oxidation av järnet enligt följande:



Oxidationen av tvåvärt järn resulterar i att järnhydroxid (trevärt) har bildats. Järnhydroxiden tillsammans med slem från mikroorganismerna bildar således utfällningar i och runt dräneringsledningarna. Vid dräneringsledningarna kan även andra oxidationsprocesser ske vid dessa betingelser vars resultat också bidrar till att igenslamning kan uppkomma. Dessa är bildningen av aluminium- och manganoxid samt diverse organiskt material (Berglund, m.fl., 1984).

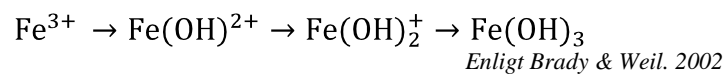
Om inte problemet med igenslamning åtgärdas kommer efterhand järnhydroxiden att falla ut och förlora kristallvatten. Detta leder till att mer välordnade kristallstrukturerade järnoxider bildas (Eriksson, m.fl., 2011). Detta ger upphov till skorpbildning vid slitsar och

ledningsskarvar som till slut kan leda till totalt blockering av dräneringsledningen(Kvarnemo, 1983).

pH:s betydelse för järnets löslighet

Järn är ett mikronäringsämne och liksom andra mikronäringsämnen såsom mangan, zink, koppar, och kobolt är dess löslighet starkt beroende av vilket pH som omgivningen har. Hydroxider av tvåvärt järn uppträder enbart under sura förhållanden vid pH runt 3-4 medan hydroxider av tvåvärt järn börjar uppträda vid runt pH 6. Detta medför att tvåvärt järn är det vanligast förekommande av järnjonerna i en odlingsjord medan tvåvärt möjligen uppträder vid lokalt sura miljöer(Brady & Weil, 2002).

Järnets löslighet kan förklaras genom följande:

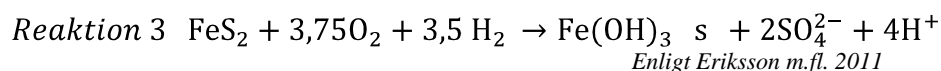


Där tvåvärt järn (Fe^{3+}) befinner sig i en surare miljö medan ferrihydroxid ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) förekommer i en mer basisk miljö.

Jordartens betydelse för järnförekomsten

Järn finns i alla jordar dock uppkommer rostproblem i dräneringssystem endast på ett fåtal. Jordar med rostbildningsproblem brukar benämnas som rostjordar och kännetecknas av höga halter ut av lösligt järn i markvätskan. Gemensamt för dessa jordar är att de är sedimenterade under syrefattiga förhållanden såsom i gamla sjöbottnar, havsvikar och längs vattendrag i flack terräng. Sedimenteringen ut av mineralslam och organiskt material under vattenmättade förhållanden har lett till att järnet har avlagrats i reducerad form ofta som järnmonosulfid FeS och järndisulfid (pyrit) FeS_2 . Exempel på sådana jordar är sulfidlorer som oftast återfinns i norra Sverige samt gyttejordar som i störst utsträckning finns i Mellansverige(Berglund, m.fl., 1984).

Om dessa sediment oxideras genom t.ex. dränering eller landhöjning kommer järnsulfiderna att oxideras till Fe^{III} -hydroxider, samtidigt kommer även en oxidation av svavel att förekomma vilket leder till lösta sulfat- och vätejoner, t.ex:



Reaktionen frambringa på detta sätt vätejoner H^+ som kan reagera med sulfatjonen SO_4^{2-} och bilda svavelsyra H_2SO_4 (Berglund, m.fl., 1984). När oxidationen pågår som värst kan pH sjunka till nivåer mellan 2 och 3(Eriksson, m.fl., 2011). Denna process gynnar i sin tur *Reaktion 2* vilket leder till fritt Fe^{II} i markvätskan som transporteras mot dräneringsledningen och kan ge upphov till rostutfällning genom *Reaktion 1*.

Rostutfällningar liksom dem ovan behöver dock inte alltid vara något negativt. På svagt gyttejehaltiga jordar kan rosten medverka till att permanenta spricksystem bildas, vilket är positivt för dräneringen i helhet. Detta förutsätter dock att oxidationen av Fe^{II} sker innan den når fram till dräneringsledningen. Rostproblem kan även förekomma på mo- och mjälajordar. Detta beror allt som oftast inte på jordarten i sig utan inströmning av järnhaltigt vatten. På sand- och lerjordar är rostproblemen nästan obefintliga då sandjordarna har så pass hög

genomsläpplighet att dikning oftast inte behövs och lerjordar har förmåga att täta mot järnhaltigt tryckvatten. Detta medför att endast perkolerande järnhaltigt markvatten kan fällas ut och dessa mängder är relativt små då lerjordar har en låg järnhalt(Berglund, m.fl., 1984).

Inströmning och tryckvattnets betydelse för rostutfällningar

Som tidigare har nämnts kan rostutfällningar i dräneringssystem härledas till jordart, dock finns andra aspekter som också måste tas med vid en riskbedömning. Dessa aspekter är sådana som topografiska samt hydrologiska förhållanden. Om rostutfällningarna kommer från ovanliggande marklager kommer lättlösligt järn att transporteras ner med perkolerande vatten. Detta järn kommer att fällas ut där oxidationsbetingelserna är goda t.ex. i dräneringsledning eller väl genomluftade porer. På detta sätt kommer det lösliga järnet antingen att transporteras bort eller fastläggas. Vid dessa betingelser kommer antagligen rostproblemen att avta med tiden då ingen ny järnhaltig markvätska tillförs och rensning och omdikning kommer kunna ge mer långvarigt resultat i jämförelse med det primära systemet(Berglund, m.fl., 1984).

Om grundvattnet däremot för med sig järnet från intilliggande marker är förutsättningarna annorlunda. Då strömmar järnhaltigt grundvatten in underifrån under tryck t.ex. från höjder och våtmarker. Detta medför att oxidationen på åkermark troligen kommer att ske vid dräneringsledningarna. Om marken däremot är odränerad kommer ett kompakt skikt bildas där syrekoncentrationen är tillräckligt hög(Berglund, m.fl., 1984).

Exempel på när inströmning kan leda till stora rostproblem är på mo- och mjälajordar vars järnhalt rent geologiskt är låg(Berglund, m.fl., 1984). Särkilt förekommande är detta då fälten är belägna vid en vattenförande grus/sandås eller när mojordar täcks av ett torvlager(Berglund, m.fl., 1984; Saavalainen, 1987). Torven bidrar till rostutfällningen dels genom att pH:t sänks genom de organiska syror som frigörs vid nedbrytning av humus samt att halten organiskt material ökar i markvätska och fungerar som energi för mikroorganismerna. Dessa rostproblem kan inte antas avtaga med tiden och en förnyad dränering kommer inte att fungera bättre än föregående system(Berglund, m.fl., 1984).

Åtgärder för att minska risk för rostutfällningar i dräneringssystem

Det finns för närvarande inte något permanent skydd mot rostutfällningar i dräneringsledningar utan man får istället tillämpa metoder som förebygger och fördröjer igensättningen(Berglund, m.fl., 1984). Nedan följer således förslag på tänkbara åtgärder som används i praktiken för att förebygga och fördröja rostutfällningen.

Öppna diken

På jordar som tidigare varit odikade och där järnhaltig markvätska beror på jordart t.ex. gyttejeleror, kan en öppen dikning med korta dikesavstånd göras några år innan täckdikning utförs(Berglund, m.fl., 1984; Saavalainen, 1987). På detta sätt minskar risken för framtida rostförekomst genom att markprofilen utsätts för en kraftig genomluftning. Detta medför då att järnet oxideras och fastläggs samtidigt som fritt järn tvättas ur profilen. Det är dock viktigt att de öppna diken grävs till det djup som sedan det täckdikande systemet ska ligga på(Berglund, m.fl., 1984).

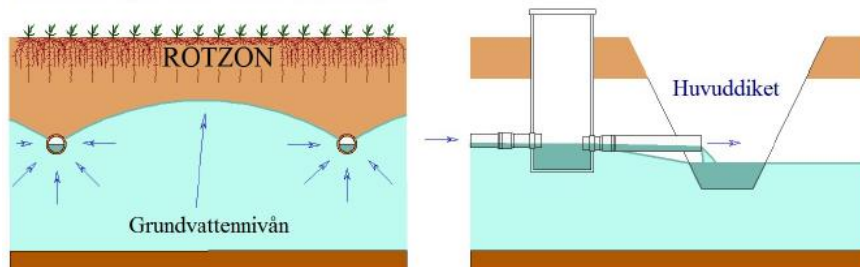
Filtermaterial

Filtermaterialet eller täckningen av dräneringsledningar har som uppgift att underlätta vattenupptaget och skydda mot igenslamning av markpartiklar och järnutfällningar i slitsarna (Kvarnemo, 1983). I Sverige används i huvudsak tre olika typer av dräneringsfilter. Dessa är grus, sågspån samt organiska och syntetiska fibermaterial. Fibermaterialen är vanligen fabrikslindade rör vilket innebär att de kommer färdiga redo för att läggas (Jonsson, 1985). Vid dränering av rostbenägna jordar eftersträvas en stor porös volym som järnutfällningarna kan fördelas över. Detta fås bäst med filtermaterialen grus och sågspån (Kvarnemo, 1983). Enligt Jonsson (1985) är sågspån av erfarenhet ett något mer fördelaktigt filtermaterial än grus vid dränering av rostbenägna jordar. Även Berglund m.fl. (1984) rekommenderar sågspån. Man måste dock ha med i beräkningarna att sågspån är ett organiskt material som efter en tid kommer att brytas ned i marken (Kvarnemo, 1983).

Undervattensdränering/Reglerbar dränering

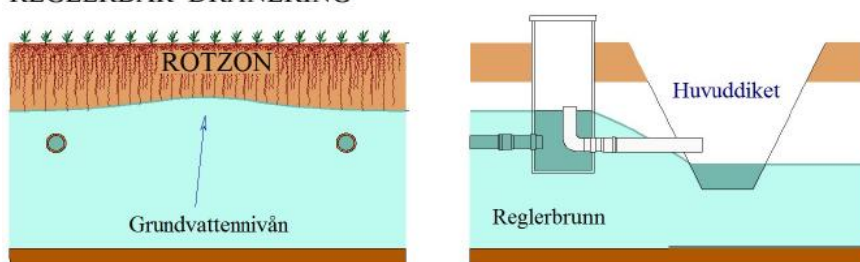
Den mest effektiva metoden för att förhindra rostutfällningar i dräneringssystem är undervattensdränering/reglerbar dränering. Denna typ av dränering bygger på att man försöker att hålla dräneringsledningarna vattenfyllda under så stor del av året som möjligt. På detta sätt skapas inte en oxidativ miljö som resulterar i rostutfällningar istället hålls järnet lösligt i markvätskan och kan på detta sätt transporteras bort med dräneringsvattnet (Berglund, m.fl., 1984). Med hjälp av dämningssystem dämms vattnet upp i diksystemet och resulterar i att grundvattenytan ligger ovanför täckdickningssystemet, således befinner sig dräneringssystemet under tryck (Saavalainen, 1987). Se *figur 1*.

TRADITIONELL DRÄNERING



Figur 1. Traditionell dränering jämfört med reglerbar dränering (undervattensdränering) skiss enligt Rasic www.lansyrelsen.se/skane.

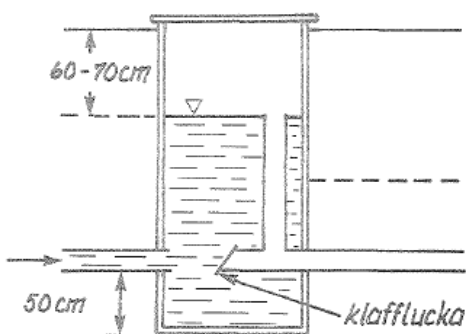
REGLERBAR DRÄNERING



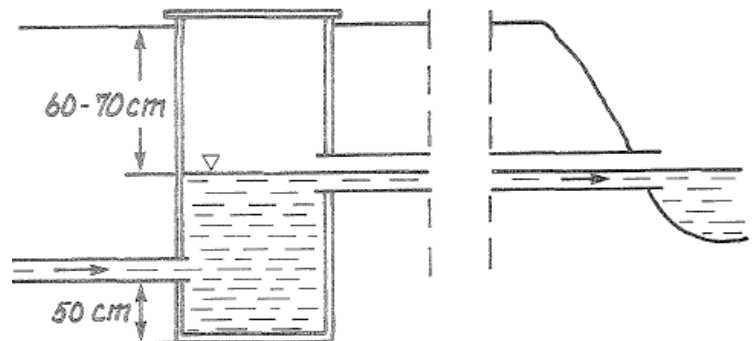
Undervattensdränering/reglerbar dränering passar bäst på relativt plana fält där endast ett fåtal brunnar kan hålla upp dämningen. För att inte bärigheten eller dräneringsfunktionen ska bli nedsatt skall regleringsnivån inte vara högre än ca 60 cm under markytan på något ställe av fältet. För att uppnå dämning av en så stor areal som möjligt kan man lägga ledningarna med mindre lutning än normalt samt att man placerar dem på ett djupare djup. Det är dock viktigt att ledningarna har en viss lutning och att de helst inte är längre än 80-100 m då detta

underlättar rensning. Eftersom grundvattenytan kommer att ligga relativt högt är det även fördelaktigt om dikesavstånden är mindre än vanligt (Berglund, m.fl., 1984).

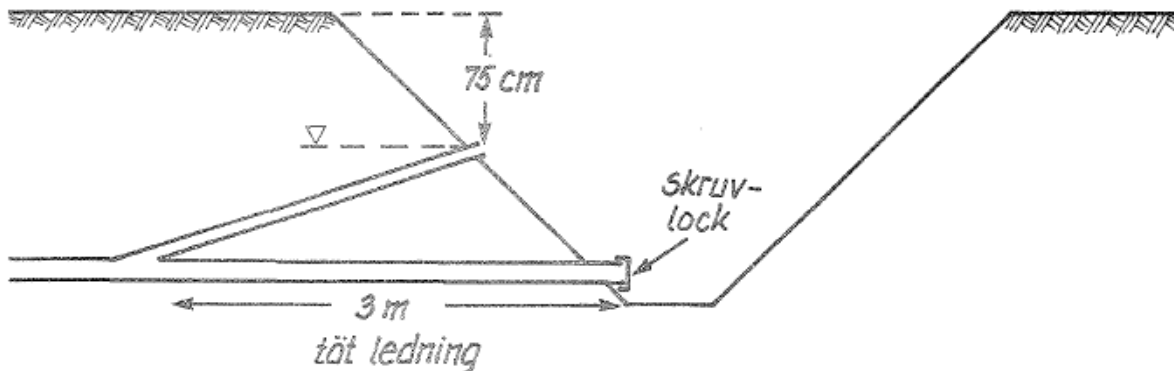
Man kan använda sig av olika vattenlås för att uppnå önskad dämning (Berglund, m.fl., 1984). Det är dock viktigt att vattenlåsen utformas så att systemet enkelt kan tömmas (Kvarnemo, 1983). I *Figur 1* används kanske den enklaste metoden där ett stigrör har monterats på utloppsroret. På detta sätt regleras grundvattennivån till den nivå där stigrörets intag är. Det finns ett flertal olika sätt att konstruera vattenlåset i en brunn t.ex. med hjälp av stigrör och klafflucka liksom *Figur 2* samt med att utloppsroret placeras högre än inloppet i brunnen liksom *Figur 3*. Det är dessutom viktigt att brunnarna är täta och att de sista 6 metrarna av den inkommande ledningen är tät för att förhindra läckage förbi vattenlåset. Det är även möjligt att konstruera dämningsanordningar utan brunn. Detta sker då vid täckdikesögat och ser ut enligt *Figur 4* (Berglund, m.fl., 1984).



Figur 2. Stigrör och klafflucka.



Figur 3. Högre placerat utlopp än inlopp.

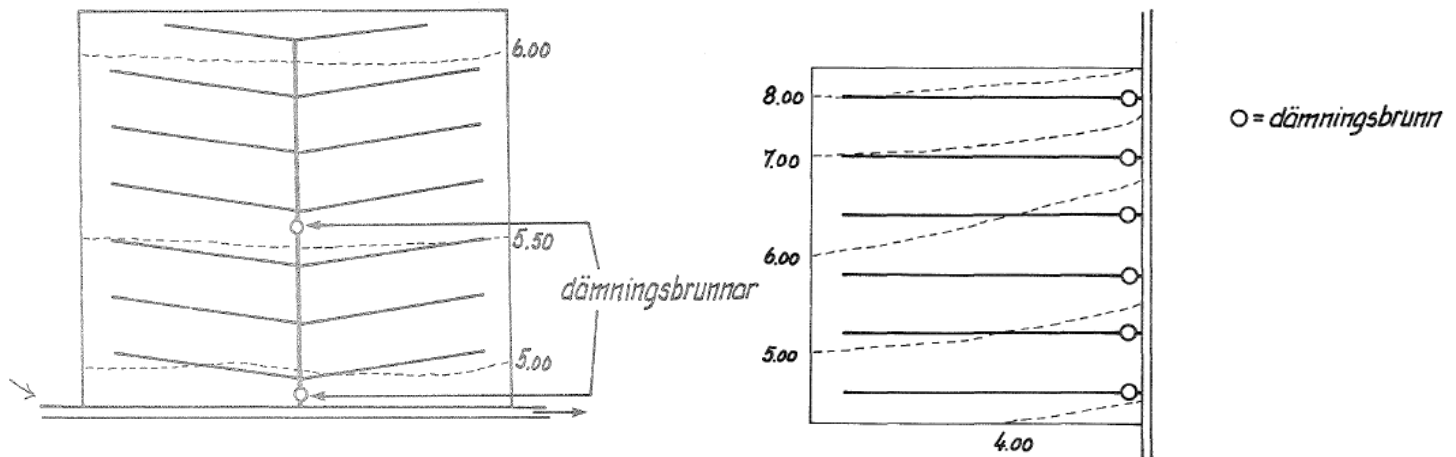


Figur 4. Dämning utan brunn.

Figurer enligt Berglund m.fl. 1984

Som tidigare nämnts är det viktigt att systemen går att tömma (Kvarnemo, 1983). Här har system liksom *Figur 3* en nackdel då utloppet måste sättas igen och tömning ske med hjälp av traktorpump. Det är lämpligt att tömning och rensning av brunnar och ledningar sker med ett intervall av ett år. Det är fördelaktigt att detta görs då vattenflödet är som högst och detta inträffar under våren. På detta sätt kan man få bort de avlagringar som trots allt har bildats (Berglund, m.fl. 1984).

Undervattensdränering/reglerbar dränering är som tidigare nämnts lättast att utföra på jämna och plana fält. Det dock möjligt att utföra även på fält där nivåskillnaden är större (Berglund, m.fl., 1984). *Figur 5 och 6* visar två förslag av undervattensdränering/reglerbar dränering på fält med större nivåskillnad. Observera att då nivåskillnaden är större krävs ett större antal brunnar för att uppnå önskad dämning.



Figur 5 & 6. Undervattensdränering/reglerbar dränering vid större nivåskillnad. Figurer enligt Berglund m.fl., 1984.

Det är dock svårt att uppnå en tillfredsställande grundvattennivå över hela året på ett fält som har stora nivåskillnader. Ur rostutfällningssynpunkt är det emellertid bättre att ledningen står under vatten periodvis än att den inte gör det alls. Viktigast är att man lyckas att hålla grundvattennivån på en sådan nivå att det inte kontinuerligt kan smärinna in vatten i ledningen. Detta är nämligen vid dessa förutsättningar som rostutfällningen är som störst. Rent generellt när det gäller undervattensdränering/reglerbar dränering får man räkna med att under sommaren då grundvattennivån är som lägst finns möjligheter för oxidation i ledningarna. Den kritiska perioden då vatten och luft finns i ledningen samtidigt blir oftast kort eftersom grundvattennivån tenderar till att sjunka med en hög hastighet (Berglund, m.fl., 1984).

Vid dränering av rostbenägna jordar är det lämpligt att man höjer dimensionerad avrinning med ca 50 % då det alltid kommer att fällas ut lite järn som kommer att minska vattenledningsförmågan. Om rostutfällningen beror på tryckvatten är det lämpligt att höja dimensionerad avrinning ytterligare (Saavalainen, 1987). Det är även lämpligt att använda ledningar med större slitsar för att ytterligare fördröja igensättningen (Berglund, m.fl., 1984). På jordar där rostutfällningar förekommer är det också lämpligt att sätta flera ytvattenbrunnar för att underlätta rensning. Denna typ av överdimensionering är naturligtvis kostnadskrävande (Kvarnemo, 1983).

Rostutfällningar i dräneringsledningar är således något som man inte kan komma ifrån vid dränering av rostbenägna jordar. Inte ens en väl genomförd undervattensdränering/reglerbar dränering kommer att skydda helt. Ledningarna kommer dock att sättas igen betydligt långsammare och med komplimenteringsrensning kommer man att förlänga systemets livslängd ytterligare (Berglund, m.fl., 1984). I vissa fall där det finns en överhängande risk för

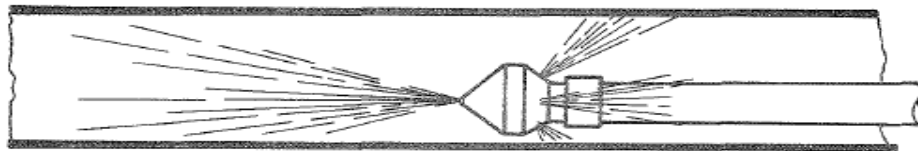
stora rostproblem bör man överväga om man skall ha med denna del i täckdikningssystemet överhuvudtaget(Saavalainen, 1987).

Spolrensning av täckdikningssystem

Rostutfällningar börjar som en ljus geléartad fällning i ledningarna men med tiden kommer gelén att övergå till en mer fast massa som kommer täcka allt större del av ledningen. Denna "fas" av rostutfällning är såklart svårare att bli av med, men dock inte omöjlig. Den mest effektiva metoden för att rensa ledningar som drabbas av detta är med hjälp av spolrensning. Mer allvarligt blir det om marken torkar ut ända ner till dräneringsledningen då hårdnar nämligen massan både inne i ledningen och runtomkring. Om upptorkningen leder till förhårdnader runt ledningen finns en risk för att filtermaterialet kommer att cementera ihop. Om detta sker är det praktiskt taget omöjligt att få dräneringssystemet funktionsdugligt igen(Berglund, m.fl., 1984).

En spolrensning utförs med hjälp av ett munstycke, slang, pump och vattentank (Berglund, m.fl., 1984). Man kan använda sig av den pump som finns i en vanlig standardspruta som används i jordbruksammanhang vid t.ex. sprutning av växtskyddsmedel(Berglund, m.fl., 1984; Kvarnemo, 1983). För att det ska fungera tillfredställande krävs en reduceringsventil samt en slangvinda samt att sprutans tank rymmer ca 2 m³ eller mer(Kvarnemo, 1983). Det går även att anlita entreprenörer som har tillgång till specialbyggda rensningsaggregat som klarar av att rensa längre sträckor under högre tryck(Berglund, m.fl., 1984).

Med hjälp av munstyckets fyra bakåtriktade strålar förs slangen fram automatiskt inuti ledningen. Munstycket har även en framåtriktad stråle som löser upp rostutfällningarna varpå utfällningarna sedan transporteras bakåt med vattnet, se *Figur 7*.



Figur 7. Spolmunstycke.

Enligt Berglund, m.fl. 1984.

Munstycket ska vara av stål eller plexiglas och slangen skall vara av plast eller gummi som klarar önskvärt tryck. Rensningen börjar med att man först grovspolar stamledningarna sedan grävs med önskvärt avstånd spolningsgropar längst grenledningarna varefter de rensas. Slutligen rensas stammen en ytterligare gång. Vanligen rensar man enbart med fallet och antal spolningsgropar beror på omfattningen av rostproblemet. Det finns mycket att vinna genom att man redan vid anläggning av täckdikningssystemet planerar och förbereder för rensning. Önskvärt är om systemet utformas så enkelt som möjligt och att man förser systemet med spolbrunnar eller med speciellt uppdragna rörändar som ligger strax under plöjningsdjup. Att låta grenledningar mynna ut direkt i öppna diken är också att föredra då detta ger möjlighet till uppsikt och underlätta rensning(Berglund, m.fl., 1984).

Slutsats/Diskussion

Rostutfällningar i dräneringsledningar är lokalt ett allvarligt problem. Problemet bygger på en biologisk-kemisk oxidationsprocess där bakterier är den huvudsakliga aktören.

Oxidationsprocessen resulterar i slutändan till att järnhydroxid bildas, som i sin tur ger upphov till igensättning av dräneringsledningarna. Det finns i dagens läge ingen metod för att eliminera risken för rostutfällningar vid dränering av jordar som är rostbenägna. I stället ligger fokus på att mildra och fördröja oxidationsprocessen (Kvarnemo, 1983).

Eftersom dränering är en kostsam insats som görs för att optimera växtodlingen är det viktigt att underrätta sig om de lokala förutsättningarna innan genomförandet av en dränering.

Exempel på detta är att man undersöker det gamla systemet om sådant finns och konstaterar varför det inte längre fungerar tillfredställande. Om detta beror på rostutfällningar måste detta tas med i beräkningarna för det nya systemet.

Andra faktorer som är viktiga att tänka på innan dränering av jordar där rostutfällningar kan förekomma är att undersöka förekomsten av järn i markvätskan samt att göra pH mätningar. Risk för järnutfällningar är nämligen större på odlingsjordar med lägre pH. Vid förekomst av mycket fritt järn i markvätskan är det även viktigt att veta vad det kommer ifrån. Detta därför förekomst av järn i markvätskan beräknas minska då det är jordartsberoende till skillnad mot om det tillförs med tryckvatten (Berglund, m.fl., 1984).

Vid dränering av jordar där rostutfällning kommer att ske ska man vidta åtgärder för att öka systemets livslängd och funktionsduglighet. Dessa åtgärder är att man använder mer filtermaterial samt överdimensionerar systemet genom grövre ledningar och större slitsar. Man skall även konstruera systemen så att spolrensning går att genomföra relativt enkelt. Reglerbar dränering/ undervattensdränering är helt klart att föredra då det minimerar möjlighet till oxidativa miljöer. På tidigare odränerad mark där järnet i markvätskan beror på jordart kan man även anlägga öppna diken några år innan täckdikning sker. Är rostproblemet väldigt lokalt på en åker kan det ibland till och med vara ett alternativ att inte ansluta denna del till övriga dräneringssystemet.

Tackord

Jag vill tacka Ingrid Wesström på avdelningen för jordbearbetning och hydroteknik, SLU för att hon tipsat mig om lämplig litteratur.

Referenser

Berglund, G. Huhtasaari, C. Ingevall, A. 1984. Dränering av jordar med rostproblem. Jordbearbetning och Hydroteknik nr:138. Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala

Brady, C. N. Weil, R. R. 2002. The Nature and Properties of soils. New Jersey

Eriksson, J. Dahlin, S. Nilsson, I. Simonsson, M. 2011. Marklära. Lund

Jonsson, B. 1985. Organiska och syntetiska fibermaterial som dräneringsfilter. Jordbearbetning och Hydroteknik nr:148. Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala

Kvarnemo, L.1984. Täckdikning. Stockholm

Länsstyrelsen Skåne. 2012. Reglerbar dränering. Tillgänglig:
<http://www.lansstyrelsen.se/skane/Sv/lantbruk-och-landsbygd/landsbygdsutveckling/kompetensutveckling/kunskapsbank/Pages/odling.aspx?key=reglerbar+dr%C3%A4nering> (2013-05-05)

Saavalainen, J. 1987. Täckdikarens handbok del II A. Vammala