

## Slutrapport för SLF projekt V1260007

### Metodik för bestämning av dikens status och stöd för planering av åtgärder

Effekterna av vattenverksamhet i våra vatten kan leda till stora miljöproblem, som i många fall hindrar att ett vatten klassas till god ekologisk status. En väl dränerad mark är en av de viktigaste förutsättningarna för att bedriva jordbruksproduktion och behålla markens produktionsförmåga. För att det enskilda fältets dränering ska fungera behövs diken som kan avleda vattnet från fältet. Diken underhålls på olika sätt så att kapaciteten för vattenavledning inte ska försämrats. Dikets form har betydelse för hur stort underhållsbehovet blir. Korrekt utformade diken säkerställer att flödes hastigheten inte orsakar erosion eller deposition. Diket måste ha tillräcklig kapacitet för dimensionerat flöde, en vattennivå som ger önskad dränering av åkermarken, stabila släntlutningar och därmed ett lågt behov av underhåll.

Dikesrensningen kommer alltmer i fokus i arbetet med vattendirektivet. Det ställs allt större krav på att man rensar med stor hänsyn till miljön. Vissa diken i jordbrukslandskap är stabila medan andra kräver stora summor pengar för att underhållas. De instabila diken kan ge upphov till en omfattande sedimenttransport som försämrar dikenas hydrauliska funktion och vattenkvalité vilket ofta leder till deposition av sediment och övergödning nedströms. En dikesutvärderingsmetod kan vara ett hjälpmedel när man ska avgöra om och hur diken har förändrats över tid och definiera bakom liggande orsak. Först efter att man vet orsakerna bakom en försämrad funktion och en hög transport av sediment och näringsämnen är det möjligt att sätta in rätt åtgärder på rätt plats. Detta skulle öka både miljönyttan och kostnadseffektiviteten av insatser så som t ex kant- och skydds zoner, avledning av yt- och tryckvatten, två-stegsdiken och fångdammar i diken.

Det övergripande syftet med projektet var att utveckla en metod för utvärdering av dikens status och åtgärdsbehov. Följande delmål har ingått i projektet:

- Utvärdera vilka av dikens egenskaper som är möjliga att utvärdera visuellt på plats, samt definiera vilka processer de representerar
- Definiera vilka parameter som behöver mer krävande undersökningar och ge förslag på hur de kan uppskattas med förenklade metoder
- Ta fram en metod för bedömning av dikens status

### Material och metoder

I projektet undersöktes olika typer av diken med syfte att representera ett antal olika jordarter med olika erosionskänslighet i slänterna och olika kapacitet för transport av sedimenten. För att utvärdera dikenas status användes en metodik enligt MADRAS (Minnesota Agricultural Ditch Research Assessment for Stability) (Magner et al. 2010). I samband med den visuella bedömningen i fält togs jordprover ut för bestämning av skjuvhållfasthet och erosionskänslighet. Digitalt kartmaterial användes för en översiktlig karakterisering av markanvändning inom avrinningsområdena som fick ligga till grund för en utvärdering av den hydrauliska belastningen. Modellen HEC-RAS användes för simulering av de hydrauliska krafter som dikesektioner utsätts för vid olika flödes hastigheter. Dikesplaner och ritningar för utvalda dikessystem samt klimatdata från SMHI användes som indata till modellen.

#### MADRAS en metod för att utvärdera dikens status

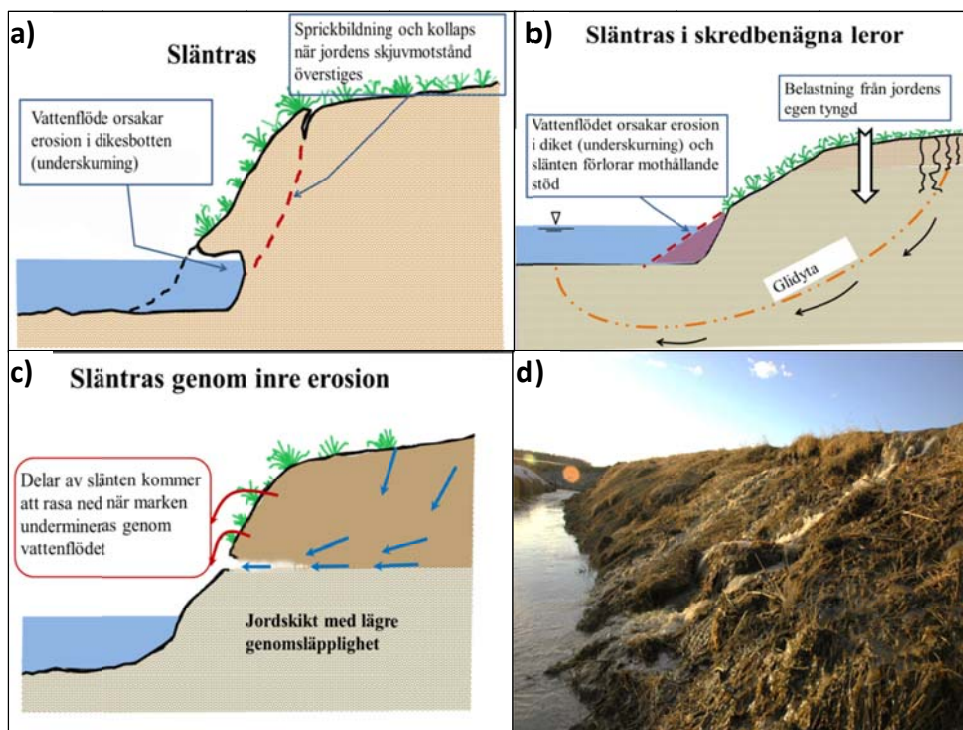
En klassificering av dikens status gjordes med hjälp av MADRAS, en metod för visuell bedömning av dikens status (Magner et al. 2010). Följande parametrar ingick i bedömningen: slänternas stabilitet (förekomst av erosion från ytavrinning, ras och läckage), breddning eller

underskärning och deposition. Utifrån observationerna i fält, fick varje dikessegment en poäng. Poängsystemet bestod av tre delar, *dikesslätens stabilitet*, *breddning/underskärning*, *bankar i dikeskanalen och deposition*. Poängen från de tre delarna summerades därefter till en totalpoäng. Ett dike bedömdes vara i gott skick om totalpoängen var 0-8 poäng, marginellt påverkat inom intervallet 9-15 poäng och påverkat inom intervallet mellan 16-20 poäng. Dikessegment med en totalpoäng över 21 poäng bedömdes vara i dåligt skick.

### *Dikesslätens stabilitet*

Stabilitetsförhållandena i en slänt styrs av släntens höjd, lutning och jordlagrens hållfastegenskaper, tyngd och vattenhalt (MSB, 2015). En lutande markyta kan på grund av gravitationskraften vara benägen till glidning. Skred eller ras inträffar genom att ett brott uppstår längs en glidyta i jorden.

En ökad belastning till exempel utläggning av rensmassor vid släntkrön medför att de pådrivande krafterna ökar. Släntens stabilitet påverkas också av vad som händer i den nedre delen av slänten. En del av de mothållande jordmassorna vid slänthöften (motvikten) kan eroderas bort av ett vattenflöde (figur 1) eller genom schaktning och muddring. Jordar med svag kohesion är utsatta och om de saknar stabiliserande vegetation är erosion ofrånkomlig. Ytavrinning i området kan också skära kanaler i dikesbanken och skapa kanalbankserosion (Magner et al., 2010). En avsänkning av vattennivån vid slänthöften leder också till minskad motvikt. Detta ökar sannolikheten för ett ras. Jordlagrens hållfasthet kan försämrans av flera orsaker. Ett exempel är höjning av grundvattennivån som ger ökat vattentryck i jordens porer (höjt portryck). Orsaker till höjning av grundvattennivån kan vara riklig nederbörd, kalhuggna närområden och omlagda eller igensatta diken. Det är vanligt att en kombination av de ovan beskrivna situationerna utlöser ett skred eller ras.



Figur 1. Processer som ger upphov till slänterosion; a) underskärning och ras i delar av banken, b) släntras i skredbenägna leror, c) inre erosion pga. vattenflödet ovanför ett jordlager med låg genomsläpplighet, d) ytavrinning från omgivande mark till diket.

Dikessläntens stabilitet utvärderades utifrån förekomsten av följande indikatorer: (1) slänterosion orsakad av ytavrinning, (2) ras och (3) grundvattengenomträngning i slänten. Om ingen av de tre indikatorerna observerades bedömdes dikessegmentet vara i bästa möjliga skick och fick 0 poäng. Om en indikator upptäcktes bedömdes dikessegmentet vara marginellt påverkat och fick 3 poäng. Om två indikatorer påträffades bedömdes dikessegmentet vara påverkat och fick 5 poäng. Om tre indikatorer eller 10 % av dikessegmentet var påverkat klassades status på diket som dålig och fick 10 poäng.

#### *Breddning eller underskärning*

Kanalbreddning eller underskurna bankar uppstår oftast efter ökad tillrinning. Tecken på breddning i kanalbotten är underskurna bankar, oregelbundna kanter, ojämn kanalbredd eller sträckor med låg flödes hastighet som saknar vegetation. En stabil kanalbank har en lutning mot diket och är oftast bevuxen med gräs. När en kanal börjar breddas kommer banken att förlora sin lutning och omvandlas till en stående rasbrant. Tidiga symptom på underskurna eller bräddade diken är oregelbundet formade kanalkanter eller varierande kanalbredden. Långt framskriden underskärning karaktäriseras av att allt material har eroderats bort och marken ovanför bara hålls upp av vegetation och rötter. Detta leder slutligen till att jordmassor rasar ned i diket (Magner et al. 2010).

Breddning och underskurna bankar bedömdes utifrån följande kriterium: 1) kanalbanken är jämn över hela dikessegmentet och inga underskurna bankar observeras; 2) något av följande observeras: oregelbunden dikesform, oregelbunden kanalbredd, vertikal dikesbank; 3) två av följande observeras: oregelbunden dikesform, oregelbunden kanalbredd, vertikal dikesbank. Punkt 1 gav 0 poäng, punkt 2 gav 3 poäng och punkt 3 gav 5 poäng. Om 20 % av dikesbankarna var underskurna eller hade fallit ner i diket fick segmentet 10 poäng.

#### *Deposition*

Beroende på partikel- eller aggregatstorleken samt på flödes hastigheten i diket sedimenterar det eroderade materialet efter en bestämd transportsträcka. Finare partiklar kan transporteras längre än grövre och ju långsammare flödes hastigheten är desto snabbare sker depositionen. Liten dikeslutning och förekomst av vegetation i diket gynnar också sedimentation. När partiklarna sedimenterar bildas bankar på dikesbotten som försämrar dikets kapacitet. Sediment i fluviala system kan ha sitt ursprung från yterosion från närliggande mark, från slänterosion och från återsuspenderat sediment från dikesbotten (Sharpley et al. 2007).

Deposition bedömdes på följande sätt: 1) ingen påtaglig deposition, 2) sedimentdjupet överskrider 7,5 cm i genomsnitt, 3) sedimentavlagringar i diket och 4) bankar i vattenkanalen. Punkt 1 gav 0 poäng, punkt 2 gav 3 poäng, punkt 3 gav 5 poäng och punkt 4 gav 10 poäng.

#### Provtagning och analyser

Dikesstabiliteten är starkt beroende av vilket jordmaterial som diket består av och vilka krafter som det utsätts för. Markeegenskaperna varierar också under året med olika vattenhalter och efter att ha genomgått upptorkning eller tjälning. I varje dikessegment har jordprover tagits ut för analys av kornstorleksfördelning av dikesmaterial och sediment i diket. Analys av fosfor i vatten och sediment samt mätning av turbiditet i vattnet har också utförts.

#### *Kornstorleksfördelning*

Analys av kornstorleksfördelning har utförts med partikel-laserscanning (Horiba Partica LA-950). Tre jordprov från dikesbanken på 0-30 cm djup och tre sedimentprov samlades in från varje dikessegment för bestämning av kornstorleksfördelning.

### Undersökningar i fält

Tre dikessystem har utvärderats i fält. Två av dikessystemen ingick i Flicksta-Häljeby (anlagt år 1916) respektive Möljesta-Härnesta-Åskestas (anlagt år 1956) markavvattningsföretag, Munktorps socken, Köpings kommun och det tredje dikessystemet, Bäcklösadiket (anlagt år 1974), ligger i södra Uppsala.

De undersökta dikena i Köpings kommun var ca 5,8 km långa och går i nord-sydlig riktning från Häljeby till Härnesta. Den senaste dikesrensningen utfördes år 1985 (Agrell, pers. medd. 2013). Flödet i de undersökta dikena är beräknade efter en nederbördsintensitet på 0,8-1,0 l ha<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup> och beräkningar av HHQ 50 ligger i området mellan 1,17 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> och 4,37 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (Möljesta, Härnesta, Åskestas dikesföretagshandlingar). Enligt SGU:s jordartskarta består fälten intill dikena av postglacial lera, klassad som mjällig mellanlera. Storleken på avrinningsområdet är 2900 ha (Bornold, 2011). Markanvändningen inom avrinningsområdet är 67 % åkermark och 33 % skogsmark eller impediment. Andelen hårdgjorda ytor är försumbar (Bornold, 2011). Totalt har 10 delsträckor (vardera 180 meter långa) av diket ingått i undersökningen som ägde rum under oktober månad år 2012 (Johansson, 2013). Olika prover och analyser har gjorts på respektive delsträcka. En sammanställning av provtagningar, undersökningar och analyser finns i tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning av provtagningar, undersökningar och analysmetoder samt antal prov per dikessträcka

<u>Undersökning</u>	<u>Antal prover per sträcka</u>
<u>Jordprov, fältkant</u>	3
Texturanalys, glödgningsförlust	
<u>Jordprov, dikesbankens mitt</u>	3
Texturanalys, glödgningsförlust	
<u>Sedimentprov</u>	3
Texturanalys med och utan dispergering, glödgningsförlust, P-AL	
<u>Vattenprover</u>	1
Turbiditet, Totalfosfor, med och utan filtrering, löslig fosfor, med och utan filtrering	
MADRAS-utvärdering	-

Bäcklösadiket har sitt utlopp i Fyriskan vid Ultuna, söder om Uppsala (figur 2). Diket ligger till största delen på SLU:s egendom. Dikets längd uppskattas till 4,5 km. Det beräknade flödet för 2012 markanvändning i diket stiger från 0,22 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> uppströms till 3,34 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> vid utloppet, beräknat enligt tid-areametoden (Alsmyr, et al. 2012). Enligt SGU:s jordartskarta består fälten intill dikena av postglacial lera, klassad som styv till mellanlera. Avrinningsområdet är 720 ha. Markanvändningen är till största delen åkermark, men inom avrinningsområdet finns också stora delar urban bebyggelse. Ledningar från hårdgjorda ytor leder dagvatten till diket. Det finns 13 trummor inlagda i diket med diametern 45 till 140 cm. Inga vattendomar för Bäcklösadiket fanns att tillgå. I det undersökta diket valdes sex representativa dikessegment, för klassning enligt MADRAS-metoden, där längden på ett dikessegment motsvarande 30 gånger dikets bredd. Olika prover och analyser har gjorts på respektive delsträcka. En sammanställning av provtagningar, undersökningar och analyser finns i tabell 2.

Tabell 2. Sammanställning av provtagningar, undersökningar och analysmetoder samt antal prov per dikessträcka

Undersökning	Antal prover per sträcka
<u>Jordprov, dikesbankens</u>	
Texturanalys, glödgningsförlust	12
Skjuvspänning	36
Jet test	36
<u>HecRas simuleringar</u>	
Profilmätningar	41
<u>MADRAS-utvärdering</u>	-

### Modelleringsverktyget HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centre's River Analysis System; USACE, 2010), användes för att modellera hur förändringar i dikets geometri, vattenföring och dikets status påverkade vattenståndet i diket. HEC-RAS programvara finns tillgänglig på USACE webbplats (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>). HEC-RAS uppskattar flödet i naturliga och konstgjorda kanaler med hjälp av den endimensionella Manning ekvation. Energiförluster utvärderas med hjälp av friktions- och kontraktion/expansionskoefficienter multiplicerade med förändringar i flödes hastighet. När vattenytans profil varierar snabbt används Momentekvationen. HEC-RAS kan hantera hydrauliska språng, hydraulik av broar, kulvertar, trummor samt utvärdera strömningsprofiler.

Tre scenarier med olika markanvändning som representerade åren 1952, 2012 och 2020 utvärderades för Bäcklösadiket, det senare med hjälp av Uppsala kommuns detaljplaner för framtida utveckling. Kartor över markanvändning från de olika åren har använts för att uppskatta hur avrinningsförhållandena har förändrats från installationen av diket fram till idag och hur de förväntas komma att ändras i framtiden. De dimensionerande flödena från tidareameten med dagens markanvändning användes vid simuleringen för att bedöma den hydrauliska belastningen på olika delar av diket och jämföra med MADRAS utvärderingar. Totalt uppmättes 25 tvärsnitt och 13 kulvertar i fält för representation av diket.

### Skjuvhållfasthet och erosionskänslighet

Jordprover togs ut i fyra dikessektioner i Bäcklösadiket från påverkade och opåverkade dikesbankar på 1 m djup för bestämning av skjuvspänning och erosionskänslighet. Samtliga jordprover vattenmätades och dränerades därefter till jämvikt med ett vattenavförande tryck på 0,5 meter. Syftet med denna procedur var att testa jordproverna vid samma vattenhalt samt att tillståndet skulle efterlikna känsligheten under verkliga förhållanden.

Skjuvspänningstester genomfördes med en automatiserad omättad skjuvhållfasthetsutrustning från VJ Tech. Testens första steg var att applicera ett undertryck på 0,5 m, tillsätta ett vertikalt tryck och vänta tills inga volymsförändringar längre skedde eller tills dräneringsvatten slutade att komma ut från jordprovet. Senare genomfördes skjuvning av provet med en hastighet på  $0,01 \text{ mm s}^{-1}$ . Tre vertikala krafter på 20 kPa, 60 kPa och 100 kPa med tre repetitioner användes för att ta fram jordens skjuvhållfasthet, där 20 kPa motsvarade jordens egentynghet vid 1 m djup. Varje test tog mellan 1,5 till 2 dagar.

Erosionskänslighetstester (CSM) genomfördes med en utrustning som mäter kohesionsstyrka från Partrac. Testet består av att en vattenstråle tillförs på markytan med olika tryckstegringar.

Vattenstrålens påverkan på jorden uppskattas genom ljustransmitans på vattnet som är direkt korrelerat till sedimentkoncentration i vattnet. Testen började med ett låg tryck som stegvis höjdes. Vid varje steg genomfördes en mätning av transmitans. Tre upprepningar av mätningarna gjordes på varje plats.

## Resultat och diskussion

Resultaten från utvärderingen av dikens status enligt MADRAS redovisas platsvis. Av övriga utförda analyser och undersökningar redovisas resultaten från Bäcklösadiket, Ultuna. För mer information från utförda analyser och undersökningar av dikessystemen i Köping kommun hänvisas till examensarbeten av Bornold, (2013) och Johansson, (2013).

### Bedömning av dikens status enligt MADRAS

Utvärderingen visade att delar av de undersökta dikessträckorna i Köping kommun var funktionsmässigt nedsatta. Främsta orsaken var kanalbankras, underskurna kanalbankar och avsmalnad dikesfåra. Profilundersökningen visade att en stor andel av profilerna hade varierande mängd sedimentavsättningar. Resultaten från dikesundersökningarna redovisas i tabell 3, med en sammanställning av poängen för de olika dikessegmenten.

Tabell 3. Sammanfattning av statuspoäng och klassificering för diken i Köping kommun enligt MADRAS

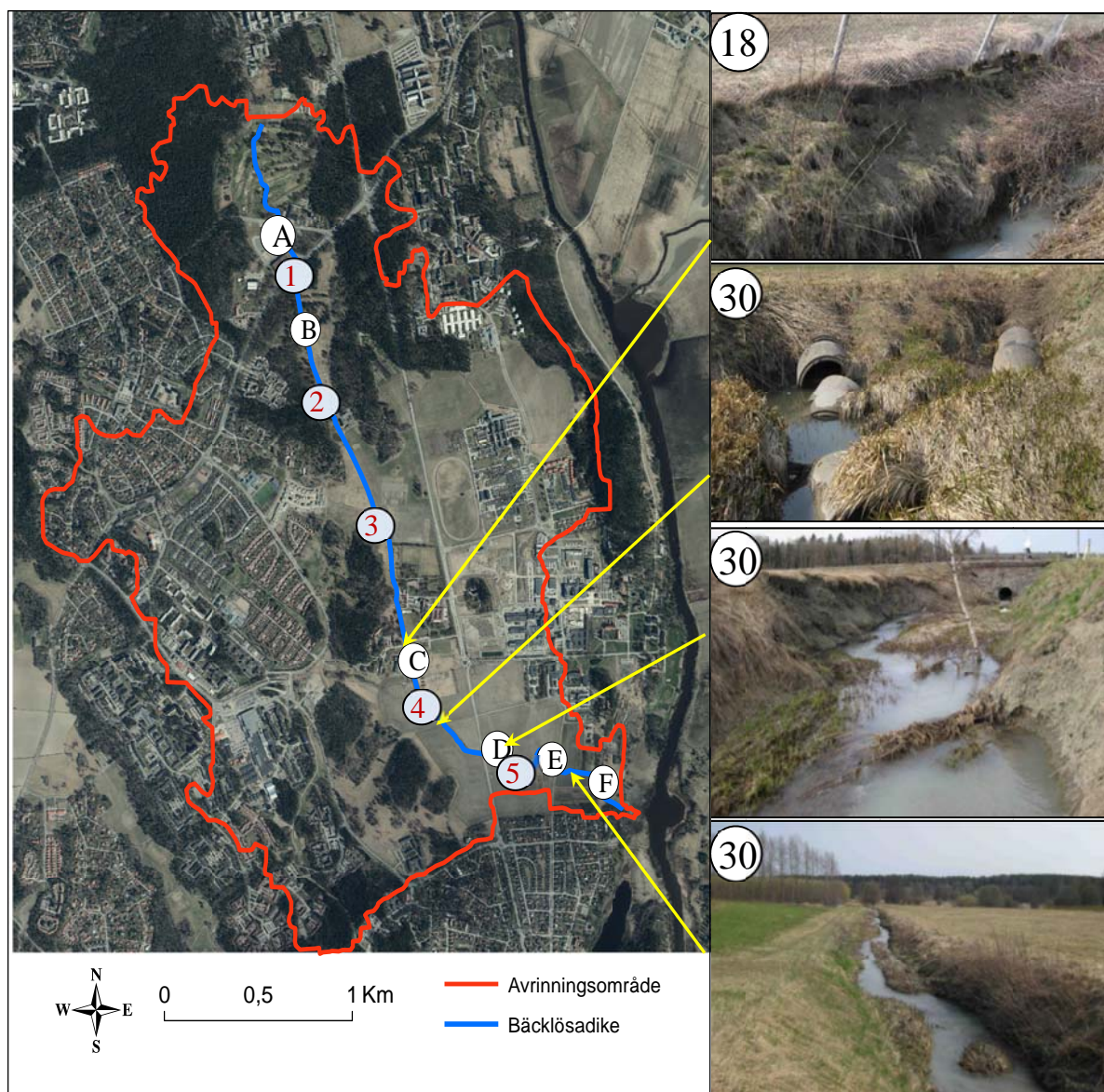
Dikessegment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Bankstabilitet	5	10	3	3	3	0	10	10	3	10	10	10	5	5	10	10	10	5
Breddning/underskurna bankar	3	3	3	3	10	5	10	0	10	0	0	0	5	5	10	10	10	0
Deposition	5	10	5	10	10	0	3	3	3	3	3	3	3	3	10	10	10	10
Totalpoäng	13	23	11	16	23	5	23	13	16	13	13	13	13	13	30	30	30	15

Uppströms hade Bäcklösadiket god status, men dikets status försämrades kraftigt nedströms (tabell 4; figur 2). Vid dikessegmenten före utloppet bedömdes dikets status dåligt och fick högsta poäng. Sista dikessegmentet vid utloppet gick inte att utvärdera enligt MADRAS då diket helt hade förlorat sina ursprungliga dimensioner. Dikets status varierade mellan optimalt och påverkat fram till den sträcka där dagvatten från närliggande bebyggelse hade anslutits. Därefter var diket mycket påverkat fram till utloppet i det översvänningsdrabbade området vid Fyrisån.

Tabell 4. Sammanfattning av statuspoäng och klassificering av Bäcklösadiket enligt MADRAS

Dikessegment	A	B	C	D	E	F
Bankstabilitet	0	5	5	10	10	-
Breddning/underskurna bankar	3	3	10	10	10	-
Deposition	0	0	3	10	10	-
Totalpoäng	3	8	18	30	30	-





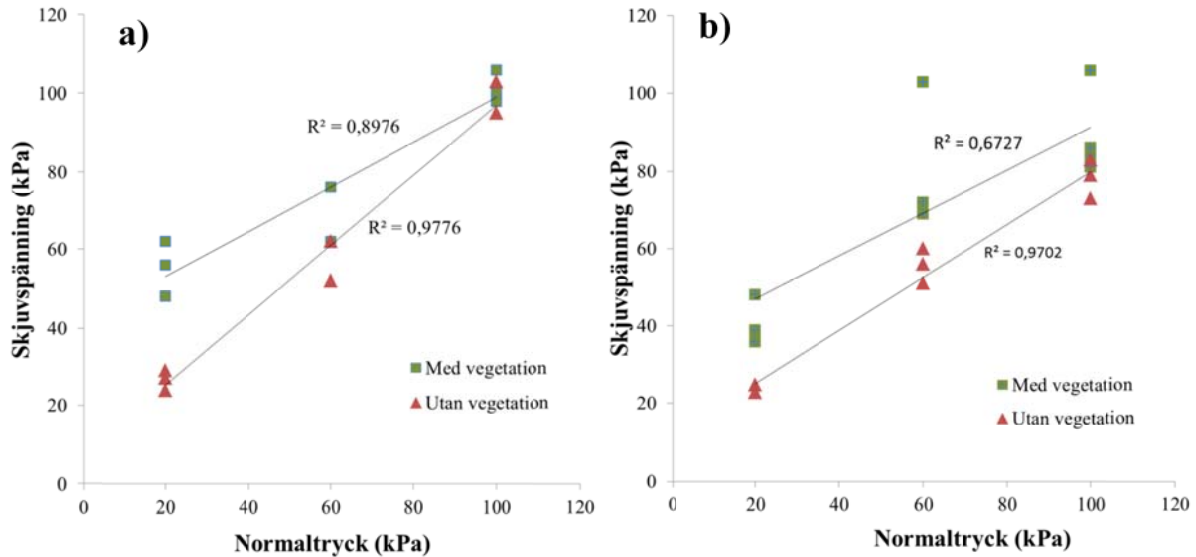
Figur 2. Bäcklösadiket, bokstäverna A-F betecknar de olika undersökta dikessegmenten, där A är uppströms och F är nedströms. Siffrorna i kartan är flödesackumuleringspunkter. Siffrorna i bilderna är totalpoängen enligt MADRAS utvärderingen.

Vidare har dikessektionerna avvägts. Dikets profil mättes in i 25 punkter längs med diket. De uppmätta dikessektionerna jämfördes med avseende på bottenbredd och slätlutning med de ursprungliga dikessektionerna från 1974 års dikesplaner. Detta gör det möjligt att uppskatta om det har skett en erosion av dikesslänter eller i dikesbotten. Det går också att uppskatta i vilka områden som sedimentation förekommer. Uppströms har dikessektionerna inte förändrats märkbart, men längre nedströms i systemet har de både fördjupats och breddats kraftigt vilket tyder på omfattande erosion. Ett flertal av trummorna låg mer än 5 cm över dikesbotten vilket innebär att de redan vid låga flöden hade en dämmande effekt.

#### Skjuvhållfasthet och erosionskänslighet

Skjuvspänningsmätningarna visade tydliga skillnader mellan påverkade bankar (utan vegetation) och opåverkade bankar (med vegetation) (figur 3). I påverkade sektioner var hållfastheten betydligt lägre jämfört med opåverkade sektioner vid ett normaltryck på 20 kPa

(jorden egentyngd). Skillnaderna avtog olika på olika platser när normaltrycket ökades. Resultaten visade att växtrötter hade en mycket stark påverkan på jordens skjuvhållfasthet. Effekten av vegetationen varierade mellan olika platserna, men i denna undersökning har det inte varit möjligt att undersöka orsaker till variationer. Möjliga skillnader kan vara relaterade till vegetationstyp, rotdensitet och tidpunkt på året.

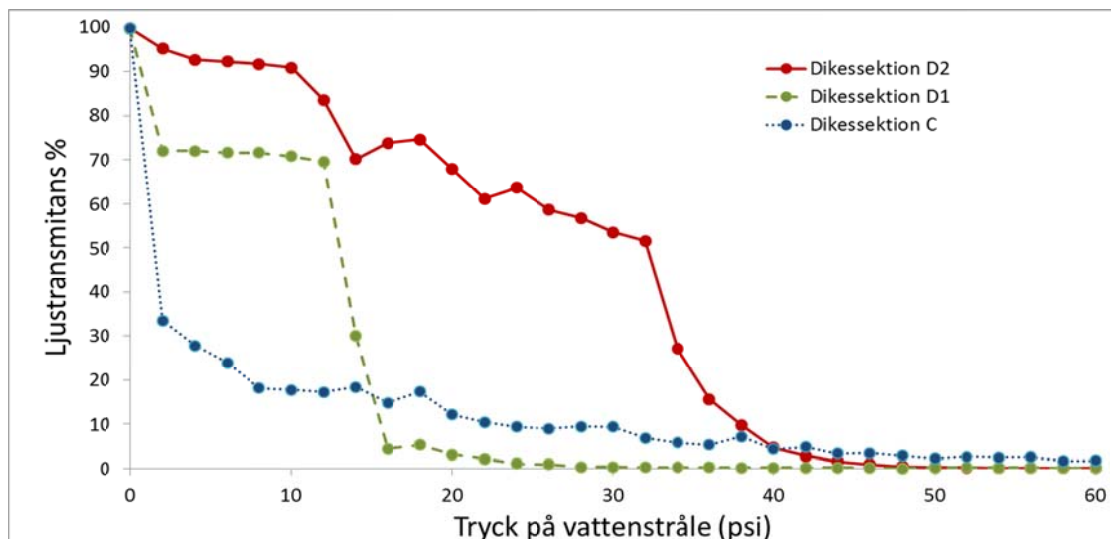


Figur 3. Skjuvspänning vid två observerade dikessträckor med påverkade bankar (utan vegetation) och opåverkade bankar (med vegetation). a) dikessektion C vid MADRAS undersökningen och b) dikessektion D vid MADRAS undersökningen.

Kohesionsmätningarna visade tydliga skillnader på hur jorden påverkas av strålade vatten. Vid dikessektion C var ljustransmitansen 33 % redan vid ett tryck på 2 psi vilket tyder på att jorden eroderas lätt även med små krafter (figur 4). Dikessektionen D1 and D2 visade inte samma mönster som sektion C. I båda D sektionerna sjönk ljustransmitansen succesivt och vid ett visst tryck sjönk den kraftigt. Den kraftiga sänkningen visade tryckgränsen för erosion.

Den använda metoden är lämplig för bedömning av jordens erosionskänslighet. I dagsläget är uppmätta värden relativa värden. Arbetet med att kunna relatera de tillförda krafterna i testen till krafterna av strömmande vatten med olika hastighet pågår men det ligger utanför ramarna för detta projekt.





Figur 4. Exempel på kohesionsmätningar vid två av de observerade dikessträckorna (C och D) vid MADRAS undersökningen i Bäcklösadiket.

#### Utvärdering av dikets flödeskapacitet och hydraulisk belastning

Vattenståndet i Bäcklösadiket simulerades i HEC-RAS med beräknade flöden och uppmätta dikesprofiler som indata. Dikets kapacitet beräknades också manuellt med Manning ekvationen. Resultaten visade att diket år 1974 var väl dimensionerat för flöden beräknade utifrån markanvändningen år 1952. Förändrad markanvändning har påverkat flödesmönstret och den hydrauliska belastningen. Vid utvärdering av dikets kapacitet i HEC-RAS, användes 30 minuters regnintensitet med en återkomsttid på 10 år som dimensionerande flöde under markanvändning år 2012. Uppströms, i den första sektionen av diket, var flödet relativt lågt, och ökade sedan något från  $0,30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  till  $0,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  vid ackumuleringspunkt 2 (se figur 2 för punkternas lokalisering). När flera sektioner började bidra till flödesackumulering i diket, ökade flödet till  $1,14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i ackumuleringspunkt 3. Längre nedströms, ingick bidrag av snabbt dagvattenflöde från bebyggelser vilket resulterade i ett totalt flöde av  $3,49 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Vid ackumuleringspunkt 5, hade flödet ökat till  $4,78 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Totalt simulerades 25 dikessektioner och 13 befintliga trummor och kulvertar. Av de 13 trummorna och kulvertarna begränsade åtta av dem flödet, vilket resulterade i en förhöjd vattennivå i diket. MADRAS utvärderingen visade också att sedimentbankar i närheten av trummor försämrade dikets status. Den hydrauliska skjuvningen var hög i områden nära trummor på grund av expansion och kontraktion av flödet och ibland även snabba förändringar av dikesbottens lutning.

I allmänhet har områden betecknas som degraderade enligt MADRAS inte visat extrema värden på hydraulisk skjuvning i HEC-RAS simuleringar. Detta innebär att den kraft som uppstod av det strömmande vattnet i diket inte var tillräckligt hög för att orsaka den påverkan på dikets status som framkom i MADRAS utvärderingen jämfört med opåverkade dikessegmenter. Storleken på vattenflödet kan därför inte ensamt förklara degraderingen av vissa dikessträckor. Förekomst av ytavrinning (figur 1c) och grundvattengenomträngning i slänten (figur 1d) enligt MADRAS utvärderingen kan ha varit en bidragande orsak till observerade försämringar av dikets status.

Att använda HEC-RAS var i denna studie ett bra komplement till den kvalitativa utvärderingen av MADRAS. Modellerarna i HEC-RAS underlättade identifiering av flaskhalsar i dikessystemet. Det gick också att urskilja var den hydrauliska skjuvningen var hög, vilket på sikt kan orsaka erosion. Det finns i dagsläget inte värden för erosionskänslighet

för olika jordtyper i Sverige. Det är därför svårt att relatera de skjuvningskrafter som beräknades av HEC-RAS till jordens faktiska hållfasthet. Om man ska använda MADRAS och/eller HECRAS som verktyg för att bedöma status och dikesstabilitet beror på syftet med utvärderingen och på utförarens kunskaper. MADRAS är ett lämpligt verktyg för en snabb bedömning, för att lyfta fram stabilitetsproblem i diket. Metoden är användarvänlig. HEC-RAS simulering är ett bra komplement för att uppnå en mer exakt bedömning, förstå orsakerna bakom dikens instabilitet och för att föreslå åtgärder. HEC-RAS ger en uppskattning av krafterna från vattenflödet som verkar i dikessektionen och hur det påverkar diket beror på jordarten i dikesslätten. Jordartens känslighet för erosion och hållfasthet är möjliga att uppskatta med de skjuvspännings- och kohesionsmätningar som utfördes i denna studie. Metoderna behöver först standardiseras för att kunna användas för jämförbara bedömningar av erosionskänslighet och hållfasthet för olika jordarter i Sverige.

## Referenser

- Agrell, B. (2013). Personligt meddelande från Flicksta-Häljeby dikningsföretags ordförande. Kårsta 6, 731 92 Köping. [2013-01-29]
- MSB, 2015. Varför inträffar skred och ras?  
<https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-slamstrommar/Varfor-intraffar-skred-och-ras/> [2015-12-14]
- Magner, J., Hansen, B., Anderson, C., Wilson, B.N., Nieber, J. 2010. Minnesota Agricultural Ditch Reach Assessment for Stability (MADRAS): A Decision Support Tool. 9<sup>th</sup> International Drainage Symposium held jointly with CIGR and CSBE/SCGAB. Proceedings, 13-16 June 2010, IDS-CSBE-100229.
- Sharpley, A.N., Krogstad, T., Kleinman, P.J.A., Haggard, B., Shigaki, F., Saporito, L.S. 2007. Managing natural processes in drainage ditches for nonpoint source phosphorus control. *Journal of Soil and Water Conservation*. 62(4):197-206.
- Vägverket, 2008. Hydraulisk dimensionering VVMB 310 s.52

## Publikationer inom projektet

- Alsmyr, M., Bydell, S., Gårdefors, C., Håård, C., Myrland, J. 2012. Hydroteknisk och hydrologisk utredning av Bäcklösadikets avrinningsområde. SLU/UU, Institutionen för mark och miljö/ Institutionen för geovetenskaper. Projektarbete i kursen Projekt Vattenresurser, MV0189.
- Bergsten, A., Ahlman, A., Carlström, J., Westermark, M. 2011. Projekt Bäcklösa. SLU/UU, Institutionen för mark och miljö/ Institutionen för geovetenskaper. Projektarbete i kursen Projekt Vattenresurser, MV0189.
- Bornold, P. 2013. Utvärdering av öppna dikens status och funktion – en förstudie i Västmanlands län. Examensarbete i markvetenskap. Agronomprogrammet – inriktning mark/växt. Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU. 2013:14.
- Joel, A., Wesström, I. 2013. A tool for assessing the status of agricultural ditches and the need for measures. NJF seminar 462, “Does climate change demand a new approach to drainage design?”, 23-25 September 2013, Sarpsborg, Norway.
- Joel, A., Wesström, I., Messing, I. 2015. A tool for assessing the status of agricultural ditches and the need for measures. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*. Vol. 65, No. Supplement 1:100–109.
- Johansson, H. 2013. Metodik för bestämning av åkerdikens status – Fallstudie av ett dike i Munktorps socken. Examensarbete i markvetenskap. Agronomprogrammet – inriktning mark/växt. Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU. 2013:12.