

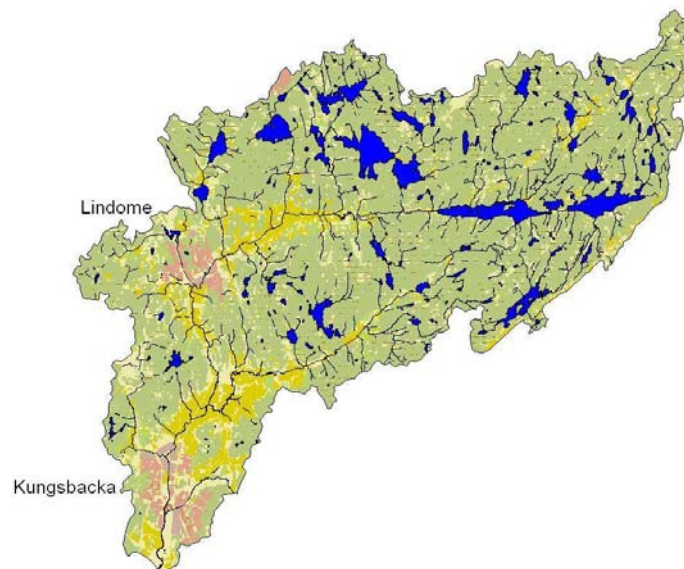


GÖTEBORGS UNIVERSITET
Miljövetarprogrammet

GÖTEBORG UNIVERSITY
Environmental Science Program

Utredning av skyddszoner

**En studie i näringsretention
och kostnadseffektivitet**



Maria Bertrand

**Examensarbete 20 poäng
Februari, 2006**

Sammanfattning

EUs Ramdirektiv för Vatten utgör en rättslig ram för alla EU-länders vattenpolitik. Arbetet med direktivet syftar till en hållbar utveckling och samordnad förvaltning av vattenresurserna i Europa. De nya Vattenmyndigheterna, instiftade i och med vattendirektivet, är ansvariga för detta arbete i Sverige. Vattenmyndigheterna ska bl.a. fastställa åtgärdsprogram för förvaltning av vattenresurser och övergödning är förstås ett av problemen som skall åtgärdas. Detta examensarbete är en utredning som ska ligga till grund för Västerhavets Vattenmyndighets beslut om skyddszoner ska ingå som ett förslag på åtgärder i det kommande åtgärdsprogrammet.

Syftet med arbetet är att utvärdera skyddszoners retentionseffekt och att uppskatta kostnader för att anlägga sådana. Kostnadsanalysen är avgränsad till Kungsbackaåns avrinningsområde. Utvärderingen bygger på sammanställning och analys av befintlig data. Kostnaden är annuitetsberäknad med hänsyn tagen till den årliga kostnaden som beror av räntan och hur lång tid skyddszonen uppskattas finnas på platsen. Data som använts i analysen har hämtats från bland annat Jordbruksverket och LRF. GIS-programmet Arcview 3.2 har använts för beräkning av skyddszonsarealen i fallstudieområdet.

Uppgifter om skyddszoners effektivitet har stor spridning vilket ger ett osäkert medelvärde. Likväl har detta beräknats för att ge en uppfattning om hur väl kväve och fosfor kvarhålls i skyddszoner. Fosforretentionen är procentuellt högre än kväveretentionen. Retentionen behöver inte nödvändigtvis skilja mycket mellan en 5 meter bred zon och en 10 meter bred zon. Dränering, jordart och lutning är förmodligen de tre viktigaste faktorer som påverkar skyddszoners retentionseffektivitet. Skyddszoners marginalkostnad jämfördes med våtmarkers. Det visade sig att zoner som inte skördas är ca 2 gånger dyrare per kilo kväve än våtmarker. Skördade zoner är ca 6 gånger så dyra. Skyddszoner bedöms vara en effektiv åtgärd mot näringsläckage till vattendrag och sjöar. Vidare är skyddszoner viktiga också för främjandet av biologisk mångfald och för förhindring av pesticidavdrift och erosion

Summary

The EC Water Framework Directive (WFD) constitutes the legal frame for every EU-country's politics concerning water administration. The aim of this framework directive is to advance a sustainable, coordinated administration of the water resources in Europe. The new Water Authorities are responsible for this work in Sweden. The Water Authorities will appoint a programme of measures for administration of water resources, and eutrophication is of course one of the problems that will be considered. This honour thesis is an investigation for the Water Authority of *Västerhavet*. The conclusions shall support the Authority's decision of whether or not buffer zones should be one of the suggested measures in the forthcoming programme of measures.

The purpose of this report is to evaluate the retention efficiency and estimate the construction costs of buffer zones. The cost analysis is limited to the catchment area of Kungsbackaån. The evaluation of the retention efficiency is based on a compilation and analysis of existing data. The costs have been calculated with consideration of the interest rate and how long the buffer zone will exist. The data used in the analysis have been collected from the Department of Agriculture and The Federation of Swedish Farmers among others. The GIS-programme Arcview 3.2 was used to calculate the bufferzone area in the case study area.

The retention results for buffer zones vary widely and the mean values are therefore uncertain. Nevertheless, the mean was calculated to give a reference to how well nitrogen and phosphorous are retained in buffer zones. The retention percentage is higher for phosphorus than for nitrogen. The retention does not necessarily vary much between a 5-meter wide and a 10-meter wide zone. Drainage, soil type and slope are probably the three most important factors that affect the retention efficiency of buffer zones. The marginal cost of nitrogen for the buffer zone was compared with the marginal cost for wetlands. It appeared that, for buffer zones that are not harvested, the marginal cost per kilo of nitrogen is twice as high as for wetlands. For harvested zones the marginal cost per kilo nitrogen is approximately six times as high as for wetlands. Buffer zones are assessed to be efficient measures against nutrient leakage to streams and lakes. Buffer zones are also of importance for the promotion of biological diversity and for prevention of erosion and pesticides spreading to streams and lakes.

Förord

Detta examensarbete har gjorts inom det miljövetenskapliga programmet vid Göteborgs Universitet. Jag fick möjligheten att göra det på Vattenvårdsenheten, Länsstyrelsen i Västra Götaland, som en utredning åt Västerhavets Vattenmyndighet. Tack vare den trivsamma atmosfären på arbetsplatsen har jag trivts väldigt bra och det har varit mycket lärorikt och roligt att göra den här utredningen.

Jag vill tacka Björn Sjöberg, enhetschef för Vattenvårdsenheten, som gav mig möjligheten att göra mitt examensarbete på Länsstyrelsen i Göteborg.

Stort tack till Hans Oscarsson, handledare på Länsstyrelsen, som har varit ett stort stöd under arbetets gång och lärt mig mycket.

Ett varmt tack till alla på Länsstyrelsen som alltid har haft några minuter över till att svara på mina frågor.

Tack till Stefan Bydén, som har varit min handledare på Universitetet.

Tack alla övriga som på något sätt har bidragit till arbetet.

Slutligen vill jag tacka min familj och Niclas för deras stöd och all hjälp med korrekturläsning.

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	1
<i>Summary</i>	2
<i>Förord</i>	3
1. Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	6
1.3 Avgränsningar	6
2. Allmänt om skyddszoner	7
2.1 Definition av skyddszoner	7
2.2 Skyddszoners inverkan på olika variabler	7
2.2.1 Ekosystemet i vattendrag	7
2.2.2 Konsekvenser av ändrad markanvändning	9
2.3 Utformning och skötsel av skyddszoner	10
2.4 Fosfor och kväve - läckage och skyddszoners retention av dem	12
2.4.1 Fosfor	12
2.4.2 Kväve	14
3. Material och metod	14
3.1 Beräkning av antal hektar överlappande åkermark på 5 och 10 meter breda skyddszoner intill sjöar och vattendrag.	15
3.2 Beräkning av kostnadseffektivitet för skyddszon	16
3.3 Beräkning av näringsläckage från Kungsbackaåns avrinningsområde	19
4. Resultat	20
4.1 Faktorer som styr skyddszoners näringsretention	20
4.2 Kostnadseffektivitetsanalys: avsättning av skyddszoner mellan åkermark och vatten i Kungsbackaåns avrinningsområde	29
4.3 Utvärdering av skyddszoners effekt med avseende på näringsretention	30
5. Diskussion	31
5.1 Utvärdering av skyddszoners retentionseffekt	31
5.2 Skyddszoners effekt i Kungsbackaåns avrinningsområde	34
5.3 Kostnadseffektivitetsanalys: skyddszoner i Kungsbackaåns avrinningsområde	36
5.4 Problem med litteraturundersökningen	36
5.5 Diskussion kring faktorer	37
6. Slutsatser	38
7. Referenser	40

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Ett av dagens allvarliga vattenproblem är övergödning eller *eutrofiering*. Övergödningen har uppstått till följd av att överskott av näring tillförs vattendrag, sjöar och hav. Näringen orsakar oönskad algbloomning, dvs. en ökad biomassa. När algerna dör och sjunker till botten, uppkommer syrebrist på botten då biomassan bryts ner om inte nytt, syrerikt vatten ständigt tillförs. Den syrefria miljön på botten innebär bottendöd, och med tiden kan giftigt svavelväte bildas då organiskt material bryts ner och inget annat oxidationsämne än svavel finns närvarande. En annan konsekvens av övergödning är ändrad artsammansättning. När algbiomassan ökar i sjön blir vattnet allt grumligare och rovfiskar får svårt att se sina byten. Detta leder till att djurplanktonätande vitfisk, t.ex. mört, ruda och braxen gynnas och antal djurplankton minskar. Resultatet blir att ekosystemets balans störs (Hagerberg & Krook, 2004).

Näringshalt i sjöar och rinnande vattendrag bedöms på olika sätt. Sjöar bedöms med hjälp av totalhalter av fosfor och kväve och kvoten totalkväve och totalfosfor. Rinnande vatten bedöms genom arealspecifik förlust, dvs. transporten av N och P i Kg per hektar (ha) och år (Naturvårdsverket, 1999). I sötvatten är oftast fosfor det tillväxtbegränsande ämnet och i havet oftast kväve (Hagerberg & Krook, 2004).

Källor för näringsämnen kan indelas i punktkällor och diffusa källor. Till punktkällorna hör utsläpp från reningsverk, industrier och enskilda avlopp. Från enskilda avlopp kommer fosfor till stor del från disk- och tvättmedel och kväve huvudsakligen från urin. Till de diffusa källorna hör atmosfärisk deposition av nitrat och ammonium och näringsläckage från mark. Av de antropogena, diffusa kvävekällorna är läckage från jordbruksmark den största (Brandt & Ejhed, 2002).

EU har beslutat om olika direktiv om hur vattenresurser och resurser förknippat med vatten (t.ex. fisk) ska utnyttjas. Direktiven blev många med åren, och handlingsstrategierna behövde samordnas för ett effektivare arbete. År 1995 lades förslaget fram till det som idag kallas EG:s Ramdirektiv för vatten 2000/60/EG, vilket trädde i kraft år 2000. Direktivet ska utgöra en rättslig ram för varje EU-lands vattenpolitik och arbetet ska leda till en hållbar, samordnad förvaltning av vattenresurserna i Europa. Övergödningens problematik är ett av problemen som Ramdirektivet syftar till att åtgärda. Statliga utredningar gjordes om hur Ramdirektivet skulle införas i Sverige och man kom fram till att landet skulle delas in i fem vattendistrikt med varsin vattenmyndighet. Vattenmyndigheten ska bland annat fastställa åtgärdsprogram för vattendistriktet (Regeringen, 2004a).

Det nationella miljömålet ”Ingen övergödning” har som delmål att det senast år 2009 ska finnas ett åtgärdsprogram enligt EG:s Ramdirektiv för vatten som anger hur *God status* skall nås för sjöar, vattendrag och kustvatten (Miljömålsportalen, 2005). Det finns en del potentiella och en del utpekade åtgärder för att minska övergödning. Våtmarker är en accepterad åtgärd, som har implementerats i miljömålet: ”Myllrande våtmarker”. Välplacerade och välskötta våtmarker har visats vara effektiva kväve- och fosforfällor av tre orsaker. Den första orsaken är näringsupptaget av växter som finns i våtmarken. Den andra orsaken är att det där finns denitrifierande bakterier som omvandlar kvävet till, ur eutrofieringssynpunkt, ofarlig kvävgas. Den tredje orsaken är

sedimentationsprocessen som sker i våtmarken. Partiklar med kväve och fosfor kan sjunka till botten tack vare det långsamma vattenflödet. Fosfor kan bilda komplex som lättare sedimenterar. Det ska nämnas att våtmarker också kan vara källor för näringsämnen under vissa omständigheter (Tonderski et al., 2002). Frigivning av näringsämnen kan ske på hösten när växter dör och bryts ner samt när syrebrist uppstår, vilket har till följd att läckage från sediment sker. Ett sätt att förhindra näringsläckaget är att skörda växterna innan de dör. Andra erkända åtgärder för att minska övergödning är t.ex. fånggrödor¹ och förändrad gödselhantering (Ulén, 1997).

En annan potentiell skyddsåtgärd för att minska näringsläckage, från jordbruksmark till vatten, är skyddszoner, även kallade kantzoner och buffertzoner. Definitionen av skyddszon som används i denna rapport är ”en zon i kanten av en åker, som gränsar till rinnande vattendrag eller sjöar, på vilken *ingen odling av avsalugröda och gödsling bedrivs*”. Se vidare om definition under rubrik 2.1. Vattenmyndigheterna undersöker idag vilka åtgärder som ska ingå i åtgärdsprogrammet. Det saknas en sammanfattande kunskap om skyddszoners retentionspotential för näringsämnen samt vad det kostar att anlägga en skyddszon. I den problematiken ryms frågeställningen för denna uppsats. Den är indelad i tre uppgifter:

1. Undersöka vilka faktorer som är styrande för skyddszoners retentionseffekt
2. Utvärdera skyddszoners betydelse med avseende på näringsretention
3. Göra en kostnadseffektivitetsanalys då skyddszoner anläggs mellan åkermark och vatten.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att utvärdera skyddszoners retentionseffekt av kväve och fosfor, såväl generellt som specifikt i Kungsbackaåns avrinningsområde, genom att sammanställa och bearbeta litteraturuppgifter. Vidare är syftet att åskådliggöra vinsten/kostnaden för att anlägga dessa i fallstudieområdet. Arbetet görs för Vattenmyndigheten på Länsstyrelsen i Göteborg. Resultatet ska ligga till grund för Vattenmyndighetens beslut om skyddszoner ska ingå som ett förslag på åtgärder i det kommande åtgärdsprogrammet.

1.3 Avgränsningar

Den geografiska avgränsningen för kostnadseffektivitetsanalysen är Kungsbackaåns avrinningsområde. Analysen är gjord med hjälp av länsstyrelsens befintliga digitala kartor och begränsningen i dessa har inte korrigerats. I ”Material och metod” diskuteras avgränsningarna vidare.

¹ Fånggröda: växtlighet som har sin huvudsakliga tillväxt mellan två huvudgrödor och som odlas med syftet att minska växtnäring förluster efter huvudgrödans skörd (Regeringen, 1997).

2. Allmänt om skydds-zoner

2.1 Definition av skydds-zoner

Termen ”skydds-zoner” har flera synonymer såsom; kant-zoner, buffert-zoner och vegetations-zoner. Det finns ingen klagörande definitionsskillnad mellan de olika benämningarna, utan det är syftet som avgör vilken typ av åtgärd det är. På svenska förekommer i vetenskaplig litteratur termen ”skydds-zoner” oftast. Därför använder jag mig härnäst av detta ord. I engelsk litteratur varierar benämningarna mellan *riparian zones*, *vegetated buffer zones*, *buffer zones* och en mängd olika kombinationer av dessa och av prefix som *grass-* och *forest-* bland annat.

Från och med år 1996 kan bönder få miljö-stöd för att anlägga skydds-zoner² (Jordbruksverket, 2005b). Enligt Förordningen om miljö-stöd (Regeringen, 1997) definieras skydds-zon som en zon av åkermark utmed en sjö eller ett vattendrag som är besådd med vallgräs eller fleråriga örter. Sjö eller vattendrag som skydds-zonen gränsar till skall vara utmärkt på den topografiska kartan. Denna förordning kompletterades år 2000, men definitionen är i princip densamma (Regeringen, 2000).

I denna rapport studeras skydds-zoners effekt med avseende på näringsretention. Min definition av skydds-zon är ”en bevuxen zon i kanten av en åkermark, som gränsar till rinnande vattendrag eller sjö, på vilken *ingen odling av avsalugröda och gödsling bedrivs*”.

2.2 Skydds-zoners inverkan på olika variabler

För att kunna beskriva skydds-zoners påverkan på vattendrag och dess ekosystem bör man först ha en bild av hur ett ekosystem i och kring ett vattendrag, som ligger i anslutning till jordbruksmark, fungerar. Detta beskrivs under rubrik 2.2.1 och syftar till att ge en generell överblick av de faktorer som påverkar vilka arter som finns där. Under rubrik 2.2.2 förklaras hur miljön, floran och faunan påverkas vid förändring av naturmark till jordbruksmark.

2.2.1 Ekosystemet i vattendrag

Det biologiska livet i och kring ett vattendrag är beroende av fysikaliska, geologiska och kemiska faktorer. Tabell 2.1 sammanfattar faktorer och tillhörande variabler som mäts och undersöks i vattendraget och påverkar artdiversitet och individantal både i och kring ett vattendrag.

² Fr.o.m. 2005-04-15 är endast redan anslutna jordbrukare, som vill utöka sin skydds-zonsareal, berättigade till miljö-stöd (Jordbruksverket, 2005a).

Tabell 2.1. Variabler som styr arters diversitet och antal, i och kring ett vattendrag.

Typ av faktor	Variabler undersökta i vattendraget
Fysikaliska	temperatur
	ljus
	grumlighet i vattnet
Kemikaliska	halter av föroreningar
	mängd organiskt material
	syrgaskoncentration
Hydrologiska	bottenstruktur
	vattendragets flödesmängd, -styrka och variation (hög och lågvatten)

Temperaturen i vattendraget beror av solinstrålning som påverkas av omgivande vegetation. Träd och buskar ger skugga åt vattendraget och utjämnar temperaturvariationer. Många fisk- och bottendjursarter har låg tolerans mot höga vattentemperaturer (Bergquist, 1999). Därför har en sval miljö generellt fler arter än en varm. Kallt vatten löser syre bättre än varmt och artsammansättningen påverkas av syrgashalten. Syrerikt vatten främjar syrekrävande organismer och ett artrikare ekosystem. Exempelvis är bäcksländor känsliga för låga syrgashalter. De förekommer således sällan i jordbrukspåverkade vattendrag där syrgashalten i allmänhet är för låg (Hagerberg et al., 2004). Högväxt vegetation fungerar också som vindskydd. Detta är viktigt för fåglar, däggdjur och flygande insekter. Ljustillgången är ofta den begränsande variabeln för primärproduktionen i och kring vattendrag i jordbruksmiljö. Ju mer ljus desto större primärproduktion, främst i form av vattenväxter. Detta kan leda till igenväxning av vattendraget och en lägre syrgaskoncentration i vattnet (Hagerberg et al., 2004). Ett vattendrag har en begränsad primärproduktion i form av alger. Detta innebär att organiskt material måste tillföras för att tillgodose ekosystemets näringsbehov. Organiskt material utgör föda för en mängd nedbrytare som i sin tur är föda åt arter högre upp i näringskedjan. Tillförseln sker genom att organiskt material, i form av växtdelar, transporteras med vattendraget uppströms ifrån och genom att växtdelar från omgivande vegetation faller ner i vattendraget (Bergquist, 1999). Större organiskt material i vattendraget som död ved, kvistar osv. bildar en varierande struktur på botten. Strukturen tar upp en del av rörelseenergin och förhindrar på så sätt erosion och förser vattendragets fauna med boplatser. Sammansättningen av bottenlevande arter i vattendragen är beroende av strömhastighet och bottenens struktur samt av övriga parametrar som diskuteras i detta kapitel. Bäckar med strömmande vatten och grus- och stenbottnar har ofta en artrik bottenfauna tack vare de många habitat som finns och det väl syresatta vattnet. Ett långsamt flödande vattendrag med sand- eller sedimentbottnar hyser färre arter p.g.a. de få habitaterna och den syrefattiga miljön (Hagerberg et al., 2004). Strandzonen som översvämmas vid högvatten är en annan biotop vid vattendrag. Beroende på strandzonens utformning finns olika arter. Exempelvis kräver vadarfåglar en flack, fuktig zon utan träd och buskar som tillåter rovfåglar att sitta och spana från. Halten och typ av förorening i vattnet påverkar vilka arter som kan leva där. En kontaminerad miljö hyser endast arter som är tåliga mot föroreningar, om några alls. Dagsländor³ är mycket känsliga för flera olika typer av föroreningar (Hagerberg et al., 2004). De fungerar därför bra som indikatorer på vattenkvaliteten. Grumligheten påverkar fiskar och bottenfauna negativt. Många av dem behöver klart vatten för att kunna fånga föda och möjligheten till effektivt födosök minskar ju grumligare vattnet är (Hagerberg et al., 2004).

³ Arten *Baetis rhodani* är ett undantag.

2.2.2 Konsekvenser av ändrad markanvändning

Ändringen av naturmark till jordbruksmark förändrar näringsläckage, ytavrinning, vattendragets och strandzonens temperatur och tillförsel av organiskt material och sediment (erosion). Ändringen påverkar i slutändan ekosystemet i området (Hagerberg et al., 2004).

När träd och buskar tas bort försvinner skuggan. Då ökar vattnets temperatur vilket leder till att lågtoleranta fisk- och botten djursarter försvinner från vattendraget. Primärproduktionen ökar och därmed risken för igenväxning och minskning av syrgashalten i vattendraget. Borttagning av vegetationen leder även till att ytavrinningen (vid nederbörd) blir högre, sker snabbare på väg ned till vattendraget, vilket medför en ökad risk för yterrosion och tillförsel av sediment. Anledningen till att ytavrinningen blir högre är flera:

- när vegetation tas bort minskar våtytan, det vill säga blad, barr, kvistar, grenar m.m. - allt som nederbörden hamnar på innan den når marken. Då finns inget som genomtränger marken och ökar vattnets möjligheter att perkolera genom den.
- markens infiltrationsegenskaper blir sämre då rötterna så småningom bryts ner och dör.
- transpirationen försvinner.
- avdunstningen minskar.

Avsaknaden av vegetationshinder och den ökade mängden vatten på markytan orsakar ett snabbare flöde av vatten som riskerar slita med sig jordpartiklar. Vattendragets flöde växlar från högt till lågt och när flödet är högt flödar vattnet snabbare och ökar erosionsrisken av strandbrinkarna. Erosionen p.g.a. högt vattenflöde blir värre om strandzonen är fattigt bevuxen. Vinderosionen är också av betydelse om marken inte är täckt av vegetation (Ulén, 1997). Borttagande av träd och buskar leder till att tillförseln av organiskt material minskar betydligt vilket har en stor negativ påverkan på vattendraget som ekosystem. Mindre föda för nedbrytarna innebär att de minskar i antal och således att arterna på de högre trofinivåerna får mindre föda och att antalen minskar. En skyddszon som har hög vegetation (buskar och träd) ger skugga åt vattendraget och sänker dess temperatur. Vegetationen bidrar även till att förse vattendraget med organiskt material. En zon med tät markvegetation dämpar ytavrinningens hastighet, och därmed erosionen. Ändring av naturmark till jordbruksmark innebär ett större läckage av näringsämnen, särskilt om åkermarken är dränerad (Ulén, 2002a; Vought et al., 1994; Hagerberg et al., 2004). Skyddszoner kan förhindra näringsläckage till viss del. Detta beskrivs i 2.4 samt i resultat- och diskussionsdelen.

Ett konkret exempel av effekterna på fauna är påverkan på laxfiskar. Öringen kan leva en del av sitt liv i salt vatten. När lekperioden infinner sig simmar de upp för lämpliga vattendrag där de leker och lägger sina ägg. Laxfiskar föredrar en vattentemperatur på 10 - 18°C (Bergquist, 1999). Om högre växande vegetation som ger skugga saknas ökar temperaturen och förhållanden uppstår som fiskarna inte klarar av. Avsaknad av skugga ger snabba och stora förändringar i temperatur och minskar fiskarnas chanser att överleva. Högre vegetation utjämnar temperaturförändringarna (Bergquist, 1999). Dessutom leder den ökade temperaturen till att vattendraget växer igen och då försvinner fiskens biotop (Egriell, 2001). Öringäggen läggs på grusig eller småstenig botten. Ökad erosion medför en ökad sedimentation av partiklar på potentiella lekbottnar och således minskar tillgången på dessa. Det leder till en störning i öringens reproduktion. Minskad mängd tillförd organiskt material i form av död ved, kvistar, grenar o.s.v. medför förlust av vinterståndspatser för fisken och även en ökad erosion då flödet inte hindras av något i vattendraget (Bergquist, 1999). Vidare har förekomst av öring i vattendrag stor betydelse

för flodpärlmusslans beståndsutveckling. Flodpärlmusslans larv lever sin första tid fastsatt på öringens gälar. Där tillgodogör den sig fiskens näring (Egriell, 2001). Minskar öringbeståndet har det också konsekvenser för flodpärlmusslan.

2.3 Utformning och skötsel av skydds-zoner

Skydds-zoners utformning beror på vilket syfte som ska uppnås. Som framgår av stycke 2.2.2 är det viktigt att påpeka att skydds-zoner även påverkar andra parametrar än näringsläckage. Detta har betydelse vid utformning då anläggaren av skydds-zonen oftast vill att fler än ett syfte ska uppfyllas. Skydds-zonens syften är oftast följande:

- att främja biologisk mångfald
- att förhindra erosion
- att förhindra avdrift av pesticider
- att förhindra näringsläckage från jordbruksmark.

Om syftet är att gynna biologisk mångfald ska det vara klart vilka arter man avser att gynna. Vadarfåglar kräver en betad, fuktig och öppen miljö. För att de ska trivas kan strandbrinken behöva fasa av så att lutningen blir mindre (se det andra exemplet under rubrik 2.3). Dessutom krävs att zonen ej är bevuxen av träd och buskar. Småfåglar däremot behöver buskar eller träd för häcknings- och uppehållsplatser. Främjande av bottenlevande arter och fiskar kräver i första hand en modifiering av vattendraget, vilket ju inte hör till utformning av skydds-zoner. Dock kan skydds-zonen anläggas för att

- förhindra erosion av strandbrinkarna genom plantering av en tät grässvål
- tillgodose vattnet med skugga och organiskt material genom plantering av högväxta träd och/eller buskar.

Förutom att skydds-zoner kan vara viktig för den biologiska mångfalden, kan den också ha ett rekreativvärde för människor. En zon som är härbärge åt fåglar kan vara värdefull för fågelskådare. För övrigt kan zonen förbättra landskapsbilden vilket har ett värde i sig. Skydds-zoner kan även förhindra pesticidavdrift till vattendrag (Eriksson, 2003). Detta förutsätter att zonerna själva inte besprutas. Pesticidavdrift sker främst vid besprutningstillfället. Avdriften beror mycket på vindarnas styrka och riktning. Vid svag vind har skydds-zonens vegetation förmodligen större betydelse för förhindringen av pesticidavdriften än när det blåser mycket. Skydds-zonens bredd, höjd och täthet har också betydelse. En bredare och högväxtad skydds-zon bör vara en effektivare barriär än en smal och lågväxtad zon. Zonens bredd har större betydelse än dess höjd. En medeltät zon förhindrar avdriften effektivast. Den andel pesticider som hamnar i marken förs med mark- och grundvattnet till sjöar och vattendrag. En del av pesticiderna bryts ned på vägen (Eriksson, 2003). Om syftet är att förhindra näringsläckage bör en tät grässvål planteras på skydds-zonen. Om man vill kunna avlägsna näring genom skörd av växtmaterial bör zonen vara utformad så att den är lätt att skörda. Det finns en mängd faktorer som styr skydds-zonens näringsretentionseffekt, se under rubrik 4.1.

Valet av växtarter är viktigt och bör anpassas för att på bästa sätt tillgodose zonens syfte. En zon som ska ha en grässvål bör ha perenna arter, dvs. fleråriga arter. Då vissnar endast en del av biomassan ner årligen, till skillnad från årliga arter. Detta har betydelse för återförslaget av näringsämnen till marken. Halten näring som återförs till marken vid nedbrytning varierar beroende på hur mycket biomassa som bryts ned. En skörd av zonen innebär att näring tas bort

från zonen och därmed inte återförs till marken. Om syftet med zonen är att avskilja näringsämnen är skörd en bra delåtgärd. Dock bör en del organiskt material lämnas för att tillgodose denitrifikationsbakteriernas behov. Som tidigare nämnts bör en zon, vars syfte är att beskugga strandzon och vattendrag, vara bevuxen av träd eller högväxta buskar. Man bör välja lokala arter och gärna sådana som tar lång tid på sig att spontaninvandra (Hagerberg et al., 2004; Nihlén, 2003). Genom att studera liknande miljöer med vildväxande flora kan man få vägledning i valet av arter (Hagerberg et al., 2004). Det ska poängteras att vid utformningen är det särskilt viktigt att beakta att höga och enstaka träd i skyddszonen utgör utsiktsplatser för rovfåglar och underlättar deras predation av småfåglar och däggdjur. Är syftet att gynna småfågel och mindre däggdjur bör man alltså inte plantera sådana växter. Placeringen av träd och buskar är också viktigt. Utformningen bör vara så naturlig som möjligt, exempelvis bör träd inte planteras i raka rader. Detta för att bättre passa in i landskapsbilden.

Skyddszoner anläggs även mellan skogsmark och vatten. Syftena är desamma som vid anläggning i jordbruksmark. En studie visar att skogsskyddszoner i olika områden i Japan har en retention av nitrat-kväve på mellan 19 och 44 % (Anbumozhi et al., 2005).

Två exempel på olika utformning av skyddszoner

Det första exemplet är de zoner som berättigar till miljöstöd. De ska anläggas på åkermark utmed ett vattenområde (vattendrag, sjö, hav eller damm). Vattenområdet ska vara utmärkt på den topografiska kartan eller vara vattenförande hela året. Kraven för att få stöd är att zonen ska vara mellan 6 och 20 meter bred, zonen längd mot vattnet måste vara minst 20 m och den sammanlagda arealen ska vara minst 0,34 hektar (stödersättningen är 3 000 kr per hektar och år och minsta utbetalningssumma är 1 000 kr). Zonen ska vara besådd med vallgräs eller vallgräs i blandning med vallbaljväxter (högst 10 viktsprocent). Syftet med miljöstödszoner är att minska läckaget av växnäringsämnen från åkermark till vatten. Vidare är syftet att gynna växt- och djurlivet (Jordbruksverket, 2005c). Kraven på utformning för att få miljöstöd är väldigt precisa, och det är tydligt att jordbrukaren inte kan välja fritt vad som ska växa på zonen. Miljöstödet för anläggning av skyddszoner kräver inte att zonen skördas. En skörd innebär avlägsning av näringsämnen, som är bundna i det organiska växtmaterialet, från området. Näringsämnen hindras därmed från att tillföras sjöar och vattendrag när växterna vissnar och bryts ned.

I ett projekt som påbörjades 1994 i Helsingborgs kommun anlades skyddszoner, med en annan typ av utformning, på kommunägd mark utmed vattendrag. Grunden till projektet fokuserar kring problemet med för branta åkanter. Idén är att plana av åkanterna för att minska lutningsgraden och avhjälpa de negativa konsekvenserna av detta. Närmast vattendraget anläggs ett 2 meter brett åplan som ligger ungefär i höjd med vattennivån. De 2 yttersta meterna av zonen (dvs. längst bort från vattendraget) behålls plana, och däremellan sluttar marken ned mot åplanet. Detta innebär att en 10 meter bred skyddszon har ett 2 meter brett åplan och 6 meter stigning följt av 2 meter plan mark. Syftena med denna utformning är:

- att återskapa strandzoner och våtmarksmiljöer och därmed gynna biologisk mångfald och denitrifikation
- minska flödestopparna (ytavrinningen) och öka infiltrationen
- minska läckage av näringsämnen, erosion och sedimenttransport
- öka vattendragets självrenerande förmåga och minska risken för att miljöfarliga ämnen hamnar i vattendraget

- berika landskapsbilden.

Avplaningen skapas genom att schakta bort jordmassor utmed åkanterna. Strandzonen (de två metrarna närmast vattendraget) är en artrik biotop som ofta försakas i jordbruksområden. Den fungerar dessutom som spridningskorridor för vissa arter, vilket är viktigt för att sammanknyta geografiskt åtskilda populationer som annars inte har möjlighet till genutbyte (Nihlén, 2003). Vegetationen består av gräs, buskar och träd och har planterats på en tredjedel av skyddszonsarealen. De andra 2/3 delarna lämnades åt fri utveckling. Planteringen syftar, förutom att minska erosionen, var att påskynda trädetableringen och säkerställa en så varierad trädflora som möjligt. Planteringen gjordes på sidan med mest solinstrålning för att beskugga vattendraget. Den andra sidan lämnades åt fri utveckling utan plantering av träd och buskar för att dikningsföretagen skulle kunna komma fram till vattendraget. Dock borde rensningsbehovet minska betydligt, eftersom beskuggningen av vattendraget håller vegetationstillväxten på en tämligen låg nivå. I detta projektet sänktes marknivån för att ligga i nivå med grundvattenytan och på så sätt erhålla våtmarksmiljö (Nihlén, 2003). Med tanke på att stora arealer våtmark torrlagts är denna utformning bra, eftersom man på så sätt utökar våtmarksarealen och därmed gynnar denitrifikationsprocessen.

De två olika utformningarna av skyddszoner torde ha olika retentionseffekt och kostnad. Den schaktade fungerar som en våtmark då zonen närmast vatten är strax över eller i höjd med grundvattennivån. Detta ger en anaerob miljö, där marken vattenmättas och denitrifikationen gynnas. På det sättet sker en avskiljning av kväve då det omvandlas till luftkväve, N₂. Avskiljningen av kväve genom denitrifikation borde vara större i den schaktade zonen än i miljöstödszonen. Hur hög retentionen av kväve i miljöstödszonen är varierar mycket beroende på lutning och vegetationstäthet. Båda zonutformningarna är under rätt förutsättningar bra på att avskilja partikulärt fosfor.

Utformningarna innebär olika stora kostnader. Miljöstödsformen är billigare än den schaktade, för att den inte kräver lika stora markarbeten och endast frön planteras. Kostnaden för schacktningsutformningen är 300 kr per löpmeter, om djupet från åkern till vattnets yta är 1,5 meter (C. Nihlén, pers. komm., 2005). Plantering av träd och buskar är mer kostsam än plantering av enbart gräsfrön. De stora kostnaderna för den schaktade formen är just markarbetena.

2.4 Fosfor och kväve - läckage och skyddszoners retention av dem

Detta avsnitt ger allmän information om näringsämnen kväve och fosfor. Bland annat beskrivs i vilka former de förekommer i marken och vilka av dessa som avskiljs i en skyddszon.

2.4.1 Fosfor

Näringsämnet fosfor utvinns vid mineralbrytning. Fosfor är ett grundämne vilket innebär att det inte kan brytas ned. Dock kan mängden variera från plats till plats. Dagens jordbruk medför att fosforhalten i jordskorpan minskar samtidigt som den ökar i sjöar och havsbassänger p.g.a. läckage från bl.a. jordbruksmark. Den brytbara fosfor är alltså en resurs som i framtiden kan ta slut på land och måste därför förvaltas väl (Naturvårdsverket, 2002).

Fosfor, P, transporteras från jordbruksmark i olika former. P förekommer i ett antal olika former i mark och vatten. De viktigaste formerna i vatten är löst fosfor (organisk och oorganisk form) och partikelbunden fosfor (part-P). Fosfat-fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) är den vanligaste lösta formen. Dock kan båda formerna kan vara den dominerande beroende på läckageförhållanden. I jordbruksmark brukar den största delen vara partikulärt fosfor (Ulén, 1997). $\text{PO}_4\text{-P}$ kan tas upp direkt av fotosyntetiserande organismer (Ulén, 1997). Part-P finns både *i* och *på* partiklar (Ulén, 2002a). Den partikelbundna fosfor måste genomgå en lösningsreaktion innan fosfor kan bli biologiskt tillgänglig (Ulén, 1997). I marken förekommer löst fosfor i *markvattnet* som finns mellan jordpartiklarna.

Att fosfor ofta är det begränsande näringsämnet i sötvatten beror på att P är reaktivt och bildar komplex med oorganiska och organiska ämnen i jord, vatten och akvatiska sediment. Dessa komplex är inte biologiskt tillgängliga (Tonderski et al., 2002). Fastläggandet respektive frigivningen av komplexfosfat regleras av ett samspel mellan de olika komplexbildande ämnena och framförallt av pH och syreförhållanden (Tonderski et al., 2002). Är fosfor bunden till järn och manganhydroxider kan fosfor gå i lösning om syrehalten minskar så att hydroxiden reduceras. Detta beror på att syret är det mest lättillgängliga oxidationsmedlet. Därefter kommer nitrat, mangan, järn, sulfat och sist svavel. Järn- och mangankomplexen går i lösning om pH stiger över åtta, även om miljön innehåller syre. Frigivningen accelereras vid stigande pH. Vissa bakterier sätter den kemiska oxidationsregeln ur spel, eftersom de kan använda mangan och järn trots att nitrat finns närvarande i miljön (Tonderski et al., 2002). Fosfat kan också bindas till kalciumkarbonat, dock svagare än till järn och mangankomplexen. Det kan adsorberas eller komplexbindas till organiska ämnen och oorganiska mineral. Fosfat som är bundet till lermineral och aluminiumhydroxid är känsligt för högt pH, men påverkas inte av förändrad syrehalt (Tonderski et al., 2002). Sammanfattningsvis kan sägas att fosfor bildar svårösliga föreningar med Ca vid höga pH-värden och med Fe och Al vid låga pH-värden (Ulen, 1997).

En skyddszon fastlägger fosfor på två sätt, dels genom vegetationens upptag av löst fosfor, dels genom att vegetationsskiktet fungerar som ett filter som hindrar partikulärt fosfor på väg till vattendrag. Skyddszoners upptag av fosfor är effektivare om större delen av totalfosfor är bundet till partiklar i jorden. Detta beror troligtvis på att sedimenteringen av partikulärt fosfor är effektivare än upptaget av fosfor via växtrötter.

Fosforläckage från Sverige

Den totala bruttobelastningen av fosfor från Sverige mellan åren 1985-1999 var i genomsnitt 6 710 ton per år. Av detta var 3 130 ton/år antropogent bidrag. Belastningen av fosfor till havet, från jordbruksläckage efter retention⁴, var i medeltal 1 600 ton/år. Av detta var 1 440 ton/år från antropogen belastning och resterande 160 ton/år var naturlig bakgrundsbelastning (Brandt & Ejhed, 2002)⁵.

⁴ Retention betyder kvarhållning av näringsämnen. Detta kan innebära att näringsämnen fastläggs i sediment eller tas upp av växter. Omvandlingen av nitrat till kvävgas innebär en avgång av kväve från marken, detta är alltså inte en retentionsprocess (Bydén et al., 2003).

⁵ Siffrorna för fosfor och kväve i Brandt & Ejhed (2002) är framtagna med hjälp av simuleringsmodeller.

2.4.2 Kväve

Kvävet förekommer i marken som ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), urea (H_2NCONH_2) och som organiskt bundet kväve i partiklar. När organiskt material bryts ner frigörs kvävet som ammoniumkväve. Detta kan sedan omvandlas av nitrifikationsbakterier till nitrat (med nitrit som mellanled) och därefter till kvävgas (N_2) av denitrifikationsbakterier (Bydén et al., 2003). Nitrat är den form som läcker mest från jordbruksmark (Bergquist, 1999). Nitrat kan inte bindas till partiklar. Det är vattenlösligt och förs därför med ytavrinnings- och markvattnet till sjöar och vattendrag (Tonderski et al., 2002). Därför är denitrifikation en viktig process för att minska kväveläcket till vatten. Urea, nitrat och ammonium kan tas upp av växter.

Skyddszoner minskar kväveläckage genom växters upptag och genom avgång av kväve till luften tack vare denitrifikation om en anaerob zon finns, dvs. om zonen håller markvatten (Tonderski et al., 2002).

Kväveläckage från Sverige

Den totala nettobelastningen av kväve från Sverige mellan åren 1985-1999 var i genomsnitt 123 400 ton per år (exklusive punktutsläpp direkt till havet). Av detta var 78 700 ton/år antropogent bidrag. Nettobelastningen av kväve till havet, från jordbruksläckage efter retention, i medeltal 44 300 ton per år. Av detta var 38 700 ton/år från antropogen belastning, dvs. resterande 5 600 ton var naturligt läckage (Brandt & Ejhed, 2002).

3. Material och metod

Utredningen av vilka faktorer som är styrande för skyddszoners retentionseffekt grundas på insamling och bearbetning av befintlig data. Dessa uppgifter ligger till grund för en utvärdering av skyddszoners effekt.

Den använda litteraturen har sökts på Internet (sökmotorer, myndighetssidor och tidskriftsdatabaser) och på bibliotek. Även andra sidor på nätet har använts som källor. Ambitionen har varit att försöka hitta material både från svenska och utländska källor. Det finns många artiklar och rapporter som innehåller information om skyddszoner. Många av dessa kommer från USA och europeiska länder men även från Nya Zeeland och Japan. Ofta är det liknande information som tas upp i källorna samt resultat av lokala studier om sådana gjorts. Informationen som återkommer i de flesta rapporterna är att skyddszoner är biologiskt viktiga, förhindrar pesticidavdrift, näringsläckage och erosion. Lutning, skyddszonsbredd, och vegetationstyp är de tre retentionpåverkande faktorer som oftast nämns. Det som saknas är just en sammanfattning av *samtliga* faktorer som påverkar skyddszonens retentionseffekt och en utvärdering av den effekten.

Kostnadseffektivitetsanalysen är avgränsad till Kungsbackaåns avrinningsområde. På vissa sträckor av Kungsbackaån, Lillån, Hassungaredsbäcken och Lindomeån har en okulär besiktning gjorts. Sträckorna, som befinner sig i jordbruksbelastade områden, valdes för att se jordbrukets påverkan i och kring vattendragen. Analysen har gjorts med hjälp av två verktyg. GIS-

programmet Arcview 3.2 har använts för kartanalysen. Metoden beskrivs under rubrik 3.1. Övriga beräkningar har gjorts i Excel. Dessa redovisas under rubrik 3.2 och 3.3

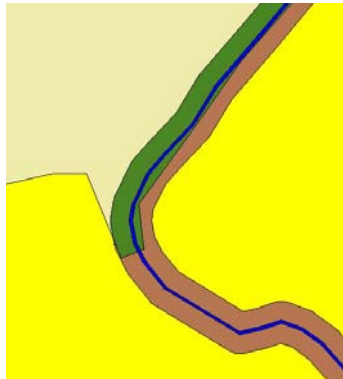
3.1 Beräkning av antal hektar överlappande åkermark på 5 och 10 meter breda skyddszoner intill sjöar och vattendrag.

Arcview 3.2 har använts för att lokalisera avrinningsområdet, lager som innehåller väsentlig information, till exempel markanvändning, sjöar och vattendrag och beräkna antal hektar åkermark som överlappar i en skyddszon med bestämd bredd. På grund av tidsbegränsningen har kartor inte digitaliserats för att få enbart naturliga vattendrag. Detta innebär att diken finns med i analysen, vilka i realiteten inte skulle ha varit med. Orsaken till detta är att antal löpmeter diken är så många att om skyddszoner skulle anläggas även vid dessa, skulle en stor del av åkerarealen ätas upp av skyddszonerna. Detta är inte ekonomiskt motiverat. En bättre åtgärd för att minska näringsläckaget från diken är t.ex. att anlägga ”hästskovåtmarker” i anslutning till dikesrörens utlopp (Tonderski et al., 2002; Nihlén, 2003). Dessa våtmarker tar inte så stor markyta i anspråk.

Avrinningsområdet ligger i Västra Götalands och Hallands län. Eftersom varje länsstyrelse i landet enbart har detaljerat kartmaterial för sitt eget län har bakgrundsdatlager importerats från Hallands länsstyrelse. Dessa lager är markanvändnings- och vattendragsskikt. Alla lager är i vektorformat. Markanvändningslagret från Västra Götalands län har sedan sammanfogats med markanvändningslagret från Hallands län för att få ett gemensamt lager. Samma procedur har gjorts för vattendragsskiktet, detta för att minska onödigt arbete som annars hade behövts göras för varje enskilt skikt.

1. I markanvändningskartan finns sjöar och vattendrag som en del av lagret (dock är det ofullständigt i och med att vattendragen är inte digitaliserade hela vägen ner till de lägre bassängerna). Sjöar och vattendrag valdes ut och gjordes om till en ny shapefil (A) med bara sjöar och vattendrag. Detta lager var ofullständigt och behövde kompletteras. I länsstyrelsens databas finns ännu ett vattenlager (B). En sammanfogning av detta lager och det nya vattenskiktet (A) ger en så fullständig karta som är möjlig av vattenförekomster. Dock måste vissa modifieringar göras av vattenlager (B) innan lagren kan visa en helhet.
2. I vattenlagret (B) finns vattendragen endast utmärkta som en linje. En linje har ingen bredd och därför buffrade jag först vattendragen med 0,5 meter på varje sida av linjen för att få ett vattendrag med minst 1 meters bredd. Detta ger i slutändan ett mer realistiskt resultat.
3. Därefter sammanfogades lager (A) och (B) till ett nytt lager (C). De flesta av referenserna redovisar retentionsresultat för 5 och 10 meters bredd. Därför valde jag att beräkna arealer och marginalkostnad utifrån dessa zonbredder. Lager (C) buffrades med 5 och 10 meter och ger ett *bufferzonlager* (D) för varje bredd.
4. Åkermark finns utsatt på markanvändningskartan. Den gjordes om till en ny shapefil, (E).
5. Åkermarken (E) klipptes med bufferzonlagret (D) och gav ett lager med överlappande åkermark på bufferzonen (F).

Arean av lager (E) beräknades till 2 442 hektar och användes för att beräkna läckage av kväve och fosfor från jordbruksmarken i Kungsbackaåns avrinningsområde. Arean av lager (F) för 5 och 10 meters bredd beräknades till 19,3 respektive 53,1 hektar. Dessa areor användes för att beräkna förlorad inkomst av skörd.



Figur 3.1. Åkermarken (gult lager (E)) klipptes med bufferzonen (grönt lager (D)) och gav det bruna lagret (F) som är området där åkermarken överlappar i bufferzonslagret.

3.2 Beräkning av kostnadseffektivitet för skyddszon

I kostnadseffektivitetsanalysen har kostnaden för skydds-zonen beräknats med hjälp av *annuitetsmetoden*, där kostnaden delas upp i investeringskostnad och årlig utgiftskostnad. De olika delkostnaderna som beräknats är anläggningskostnad, utsädeskostnad, skördekostnad och förlorad inkomst av skörd. Anläggnings- och utsädeskostnad utgör investeringskostnaden, dvs. en engångskostnad. Skördekostnad och förlorad inkomst av skörd utgör den årliga kostnaden.

Anläggningskostnad redovisas i tabell 3.1 och maskinkostnad för skörd i tabell 3.2. För dessa tabeller har uppgift om vilken traktortyp och maskintyp som behövs lämnats av F. Johansson (2005) med hänvisning till Länsstyrelsen i Västra Götaland (2005).

Tabell 3.1. Anläggningskostnad. Förutsättningar: arbetskostnad inkl OB-tillägg och 20 % ställtid = 184,50 kr/tim; bränslekostnad = 5 kr/l (momsfri) (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2005). Uppgifterna i kolumn 3, 5 och 7 är hämtade från Länsstyrelsen i Västra Götaland (2005).

Traktortyp kr/tim	Maskintyp kr/tim	Kapacitet ha/tim	Timmar/ha	Antal överfarter	Traktortimmar /ha	Bränsleförbrukning		Kostnad inkl bränsle & förare kr/ha	
						liter/tim	liter/ha		
traktor 100 kW:130	harv: 245	4,5	0,22	2	0,44	18	8	289	
traktor 70 kW: 125	sådd: 165	2	0,50	1	0,50	12	6	267	
traktor 70 kW: 125	vält: 165	3	0,33	1	0,33	10	3,33	175	
								Σ	731

Utsädesåtgång är 20 kg/ha och kostnaden 27,50 kr/kg (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2005). Detta innebär en kostnad på 550 kr/ha.

Tabell 3.2. Maskinkostnad för skörd. Förutsättningar: arbetskostnad inkl OB-tillägg och 20 % ställtid = 184,50 kr/tim; bränslekostnad = 5 kr/l (momsfri) (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2005). Uppgifterna i kolumn 3 och 4 är personlig kommentar från L. Neuman (2005). Bränsleförbrukning l/tim är personlig uppgift från F. Johansson (2005).

Traktortyp kr/tim	Maskintyp kr/tim	Timmar/ ha	Antal överfarter	Traktortimmar /ha	Bränsleförbrukning		Kostnad inkl bränsle & förare kr/ha	
					liter/tim	liter/ ha		
traktor 70 kW :125	slätterkross: 225	1,14	1	1,14	15	17,1	695	
traktor 100 kW :130	hackvagn: 616	1,3	1	1,3	20	26	1 340	
traktor 70 kW :125	fördelning & packning i plansilo	1,3	1	1,3	10	13	467	
							Σ	2 502

Därefter beräknas skördekostnaden för skyddszonen. En skörd beräknas ge 3 000 kg torrsubstans/ha (F. Johansson, pers. komm., 2005). Skörden från skyddszon används oftast som grovfoder. Kilopriset för grovfoder liksom uppgifter om särkostnader är hämtade från Länsstyrelsen i Västra Götaland (2005). Maskinkostnaden för skörd är beräknad, se tabell 3.2.

Tabell 3.3. Slutlig kostnad för skörd av skyddszonen.

	Kr/ha
Bruttointäkt grovfoder	1500
Särkostnader	1143
Nettointäkt exkl. maskinkostnader	357
Maskinkostnad för skörd	2502
Slutlig kostnad	-2145

En skörd av skyddszonen är alltså en extra utgift, eftersom kostnaderna för detta överstiger intäkterna.

Höstvete och vårkorn odlas på sammanlagt mer än hälften av Sveriges odlingsyta (A. Grönvall, pers. komm., 2005). En begränsning i kalkylen av förlorad inkomst av skörd har gjorts. Begränsningen är antagandet att höstvete och vårkorn odlas på vardera hälften av åkermarken som tas ur bruk. Antal hektar överlappande areal för 5 och 10 meter breda skydds-zoner beräknades med Arcview till 19,3 respektive 53,1 ha.

Tabell 3.4. Förlorad inkomst av skörd. Antagande: Av den åkerarealen som överlappar i en 5 respektive 10 meter bred skyddszon längs sjöar och vattendrag odlas höstvetete på 50 % av arealen och vårkorn på den andra hälften. Uppgift i kolumn 2, 3 och 5 i tabell 3.4 har tillhandahållits av H. Romarker (2006).

Sädesslag	Kilopris kr/kg	Avkastning kg/ha	Intäkt kr/ha	Särkostnader kr/ha	Vinst kr/ha	Antal ha som överlappar i		Totalvinst (kr) per sädeslag och totalt för		Förlorad inkomst (kr) per ha skyddszon och år	
						5- meters- zon	10- meters- zon	5- meters- zon	10- meters- zon	5- meters- zon	10- meters- zon
höstvetete	0,85	6 000	5 100	4 235	865	9,65	26,55	8 347	22 966		
vårkorn	0,83	5 000	4 150	3 279	871	9,65	26,55	8 405	23 125		
								Σ 16 752	46 091	868	868

Förlorad nettoinkomst av spannmålsskörd beräknades genom att dela den totala vinsten för de olika breda skyddszonerna med respektive skyddszonsarea för de olika bredderna. Denna förlust är konstant, dvs. alltid 868 kr/ha, förutsatt att de antagningar som gjorts är desamma. Det spelar alltså ingen roll om skyddszonen är 5, 10 eller 25 meter bred, kostnaden är densamma per hektar.

Med annuitetsmetoden kan årskostnaden för skyddszonen beräknas med hänsyn tagen till hur många år skyddszonen ska finnas på plats. Beräkningarna har gjorts med denna modell i Excel. Årskostnaden för skyddszonen beräknas:

$$\text{Annuitetsfaktor} * \text{investeringskostnad} + \text{årlig utgift.}$$

Annuitetsfaktorn bestäms av räntesats i procent och livslängd i antal år.

$$\text{Annuitetsfaktorn} = [r * (1 + r)^t] / [(1 + r)^t - 1]$$

där r = diskonteringsränta (ex. 4 % skrivs som 0,04) och t = antal år från investeringen år 0 till utfallet år t. I en samhällsekonomisk kalkyl rekommenderas användandet av en låg ränta som i princip är noll eller nära noll. Naturvårdsverket rekommenderar användandet av en räntesats på 4 procent eller lägre, men diskussioner förs kring att använda en hyperbolisk ränta som avtar med tiden och går mot 1 (Queb, opubl., 2005). Diskonteringsräntan beräknas för 1 procent ränta vilket enligt uppgift kommer gälla från och med år 2006 (K. Queb, pers. komm., 2005).

Investeringskostnaden är i det här fallet anläggnings- och utsädeskostnad

$$731 + 550 = 1\,281 \text{ kr.}$$

Den årliga utgiften är summan av förlorad inkomst av spannmålsskörd och kostnaden för skörd av skyddszonen:

$$868 + 2\,145 = 3\,013 \text{ kr}$$

Tabell 3.5. Den årliga kostnaden beroende av räntan på 1 % och hur länge skyddszonen finns på platsen.

Antal år skyddszonen är i bruk	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Årlig kostnad kr/ha	4 294	4 307	3 663	3 449	3 341	3 277	3 234	3 203	3 180	3 148

Sedan beräknas marginalkostnaden genom division av den årliga kostnaden och antal kg renad näringsämnen. Detta måste beräknas separat för kväve och fosfor.

$$\text{Marginalkostnaden} = (\text{SEK/år}) / (\text{reningseffekt kg N respektive P/år})$$

Skyddszonen antas vara i bruk i fem år. Det innebär en årskostnad av 3 277 kr/ha.

Reningseffekten måste räknas ut.

I många av källorna saknas uppgift om mängd renad kväve och fosfor uttryckt i massa. Därför används värden från Brant och Ejhed (2002). Bruttobelastningen av fosfor från jordbruksmark i det geografiska området var mellan åren 1985-1999 mer än 10 kg/km² och år dvs. minst 0,1 kg/ha och år. För kväve var bruttobelastningen samma period 30–40 kg/ha och år (Brandt & Ejhed, 2002). För beräkningen av reningseffekten för fosfor antas bruttobelastningen vara 0,1 kg/ha och år. För kväve antas bruttobelastningen vara 35 kg/ha och år. Retentionen har beräknats som ett medelvärde av de nordiska studierna (Syversen, 2005; Uusi-Kämppä, 2005), se förklaring till detta under rubrik 5.4. Reningseffekterna redovisas i följande tabell:

Tabell 3.6. Medelretentionen av kväve (N) och fosfor (P) i kg/ha och år för 5 och 10 meter breda skyddszoner (baserat på beräkningar av nordiska resultat).

Näringsämne (bredd i meter)	N (5 m)	N (10 m)	P (5 m)	P (10 m)
Medelretention i procent	37	43	55	58
Medelretention - Rening i kg/ha och år	13	15	0,055	0,058

Marginalkostnaden för de olika breda skyddszonerna är således:

Tabell 3.7. Marginalkostnaden i kr/kg med hänsyn tagen till retentionsvariation i de olika breda skyddszoner.

Näringsämne (bredd i meter)	N (5 m)	N (10 m)	P (5 m)	P (10 m)
Marginalkostnad kr/kg	252	218	59 582	56 500

Som en jämförelse har kostnad för skyddszon *utan skörd* beräknats. Kostnaderna är anläggningkostnad, utsädeskostnad och förlorad inkomst av spannmålsskörd.

Investeringskostnaden är anläggning- och utsädeskostnad:

$$731 + 550 = 1\,281 \text{ kr.}$$

Den årliga utgiften i det här fallet är endast förlorad inkomst av skörd:

$$868 \text{ kr/ha}$$

Tabell 3.9. Den årliga kostnaden beroende av räntan på 1 % och hur länge skyddszonen finns på platsen.

Antal år skyddszonen är i bruk										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Årlig kostnad kr/ha	2 149	2 162	1 518	1 304	1 196	1 132	1 089	1 058	1 035	1 003

Marginalkostnaderna beräknades för zoner som är i bruk fem år.

Tabell 3.10. Marginalkostnaden i kr/kg med hänsyn tagen till retentionsvariation i de olika breda skyddszoner.

Näringsämne (bredd i meter)	N (5 m)	N (10 m)	P (5 m)	P (10 m)
Marginalkostnad kr/kg	87	75	20 582	19 517

3.3 Beräkning av näringsläckage från Kungsbackaåns avrinningsområde

Näringsläckaget från jordbruksmarken i Kungsbackaåns avrinningsområde beräknades genom att multiplicera arean av jordbruksmark (hektar) och med typvärden för läckage (kg/ha) hämtade från Brandt & Ejhed (2002). Samma typvärden användes som för beräkningen av reningseffekt

under rubrik 3.2. Arean av jordbruksmarken beräknades med Arcview till 2 442 hektar.

Kväveläckaget från avrinningsområdet

$$2\,442 * 35 = 85\,470 \text{ kg/år}$$

Fosforläckaget från avrinningsområdet

$$2\,442 * 0,1 = 244,2 \text{ kg/år}$$

4. Resultat

4.1 Faktorer som styr skyddszoners näringsretention

Faktorerna uppräknade nedan är styrande för skyddszonernas effekt. De har sammanställts med hjälp av befintlig data och sammanfattas nedan i en numrerad lista. Nedanför listan står varje faktor förklarad med resultat. Dock kan mätresultat inte redovisas för alla faktorerna p.g.a. att det saknas forskning på området.

1. Typ av markanvändning
2. Jordart och permeabilitet
3. Andel löst och partikelbunden fosfor och kväve
4. Lutningsgrad
5. Nederbörds mängd och ytavrinning
6. Vegetationstyp och täthet
7. Dränering av åkermark
8. Skyddszonens bredd
9. Rotzonens utbredning
10. Kompaktion av betning och jordbruksmaskiner
11. Säsongsvariation
12. Skörd av skyddszonen

1.

Typ av markanvändning påverkar fosforläckaget. Vatten som avrinner från jordbruksmark innehåller mer partikulärt fosfor än vatten från skogsmark. En jord som gödslas är mer benägen att läcka näringsämnen än en jord som inte har gödslats (Ulén, 1997).

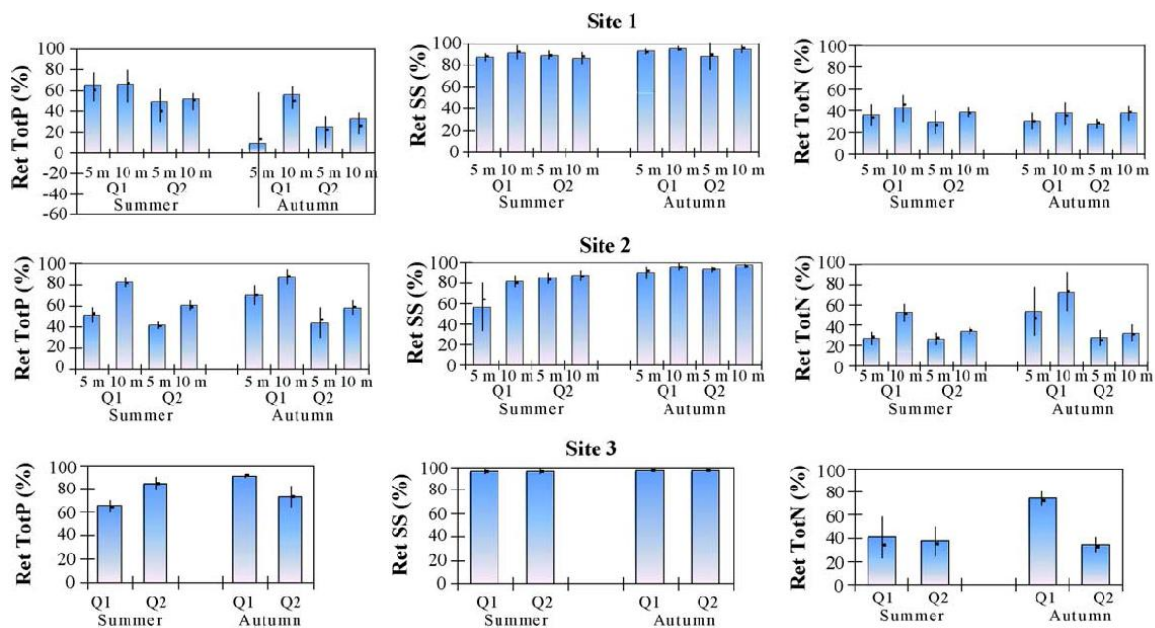
2.

En viktig faktor är jordarten. Jordarten påverkar adsorptionen av näringsämnen till jordpartiklar och vatteninfiltrationen (permeabiliteten) (Syversen, 2005). Grova jordarter har bättre permeabilitet än finkorniga (Syversen, 2005). Lerjordar, siltjordar och sandjordar är högriskjordar med avseende på fosforläckage (Ulén & Jakobsson, 2005). Vissa lerjordar har en tendens att släppa kolloider till vilka fosfor sitter bundet. Siltjordar eroderar lätt. Detta beror på svaga kohesionskrafter mellan jordpartiklarna. Sandjordar har låg adsorptionskapacitet för fosfor. Detta innebär större läckage då stora mängder gödsel har applicerats. Jordens permeabilitet har betydelse för mängd ytavrinning och därmed för läckage av partikulärt fosfor. En låg permeabilitet ger en högre ytavrinning (Ulén & Jakobsson, 2005). I Syversens artikel (2005)

finns uppgifter om jordart på de studerade områdena, se tabell 4.1 och tillhörande resultat i figur 4.1.

Tabell 4.1. Lutning och jordart för Syversens studieområden (Syversen, 2005).

Område	Lutning (%)	Jordart
Site 1	17	Siltig morän
Site 2	14	Siltig moränlera
Site 3	12	Siltig morän



Figur 4.1. Medel (kolumn), median och standardavvikelse av retention (%) i skydds zoner för "sites" (engelska: *områden*) 1–3 för totalfosfor (TotP), partiklar (suspended solids-SS) och totalkväve (TotN) beroende på olika zonbredd (5 och 10 m), mängd ytavrinning (Q1 = 2 000 l och Q2 = 20 000 l) och säsong (*summer* och *autumn*). Zonernas längd mot vattnet är 5 meter. För site 3 undersöktes retentionen endast för 5 meters bredd. Zonerna var beväxna av gräs. (figur 2, Syversen, 2005)

3.

Andelen partikulär och löst fosfor och kväve har betydelse för skyddszonens upptag. Båda fosforformerna (löst och partikulär) kan vara den dominerande beroende på läckageförhållanden. I jordbruksmark brukar den största delen av P och N utgöras av partikulärt fosfor respektive nitratkväve (Ulén, 1997; Vought et al., 1994). Om huvuddelen av avrinningen sker via ytligt grundvatten (anaerob miljö under grundvattennivån) finns denitrifikationsgynnande förhållanden och under sådana förhållanden sker en omvandling av part-P till löst P vilket ökar risken för P-läckage (Bergquist, 1999).

4.

Vid nederbörd påverkar lutningen skyddszonens upptag av partikulärt fosfor. Ju större lutning desto snabbare sker ytavrinningen vid nederbörd och desto större risk är det för erosion av jordtäcket. Lutningen förklarar mer än 50 % av skyddszonernas varierande effektivitet av sediment och näringsupptag. Zonens förmåga att reducera sedimenttransporten beror även på

ytans ojämnhet och partikelstorlek (Bergquist, 1999). Med erosionen följer framför allt partikulärt bunden fosfor (Syversen, 2005). Partiklarna avskiljs i en skyddszon genom sedimentation i grässkiktet. Gräszoners retentionsförmåga för sedimenttransport kan minska med tiden p.g.a. att sediment ackumuleras i zonen (Bergquist, 1999).

Lutningen påverkar zonen upptag av kväve genom att en hög, brant bank inte håller särskilt mycket markvatten nära markytan. Detta kan betyda att det inte finns en anaerob miljö och därmed en begränsad eller obefintlig denitrifikationsprocess. För sammanställda resultat innehållande lutning se tabell 4.1, 4.2 och figur 4.1.

Tabell 4.2. Skyddszoners förmåga att reducera sedimentutflödet till vattendragen (tabell 3, Bergquist, 1999).

* Kraftig avrinning på våren.

Bredd (m)	Lutning (%)	Reduktion (%)	Typ av zon
25	-	92	gräs
5	11-16	81	gräs
9	11-16	91	gräs
5	-	66	gräs
9	-	82	gräs
10	-	*23	gräs
23	-	*33	gräs
5	7-28	61-78	gräs
10	7-28	73-91	gräs
19	3-6	90	träd
50	3-6	93	träd
30	15-17	75-80	träd
23	2-20	47	träd
50	2-20	90	träd
5	2-10	79	träd
10	2-10	97	träd

Strandbankens lutning kan avgöra hur mycket som kan växa där. Om lutningen är stor kommer vegetationen få svårt att etablera sig och därmed finns inget som hindrar erosionen. Detta blir en ond cirkel – en långvarig erosion innebär att ett vattendrag får en u-form istället för den naturliga v-formen, dvs. strandkanterna blir mer vertikala och slutligen kan inget växa där. Växtligheten på sidorna om ett sådant vattendrag har också betydelse eftersom de ger mer skugga och minskar ljuset ytterligare, vilket missgynnar etableringen av vegetationen på strandbankerna ännu mer (C. Nihlén, pers. komm., 2005).

5.

Nederbörds mängd och därmed ytavrinningen har effekt på retentionen av näringsämnen. I en norsk fältstudie undersöktes hur zonen bredd, vegetationstyp, mängd ytvattenavrinning och säsongvariation påverkade zonen retention av kväve, fosfor och sediment. För resultat av säsongvariation, vegetationstyp och bredd se vederbörande stycken i detta kapitel. Resultaten av mängd ytvattenavrinning visade att ett flöde av 20 000 liter till zonen gav en lägre retention av tot-P och tot-N än ett flöde på 2 000 liter, se figur 4.1 (Syversen, 2005). Nederbördsformen är

också viktig. Ytavrinningen blir snabbare vid regn än vid snösmältning och har således olika effekt på erosionen (Ulén, 2002b).

6.

Vegetationstäthet och -typ påverkar näringsretentionen. Vad gäller vegetationstätheten är upptaget via rötter och förhindringen av partikulär fosforerosion genom filtrering bättre ju fler växter det finns. Om syftet med zonen är att minska näringsläckage bör vissa typer av växter undvikas, t.ex. sådana som gynnar kvävefixerande bakterier (Vought et al., 1994). Träd har normalt större upptag av näringsämnen än gräs. Dock återkommer en del av den upptagna näringen till marken genom att vissnad vegetation och nedfallna löv bryts ned. Snabb tillväxt under växtsäsongen kan höja näringsupptaget jämfört med vissna växtlighet. Näringsupptaget påverkas även av vegetationens varierande tillväxt beroende på dess ålder. En ung vegetation som har hög tillväxt kan lagra mer näring än en äldre som är fullvuxen så att säga. Det finns risk för att zoner med äldre vegetation läcker näringsämnen (Vought et al., 1994).

Vegetationens påverkan på närsaltsavskiljning beror på om hänsyn tas till ytavrinning eller markvattenflödet (Vought et al., 1994). För ytavrinningen har en hög stamdensitet (tätheten stammar per ytenhet) effekten att den minskar vattnets hastighet, vilket minskar risken för att jordpartiklar ska föras med. Jordstrukturen och infiltrationsegenskapen förbättras om vegetationstäckan finns (Vought et al., 1994). Om hänsyn tas till ytavrinning beror retentionen på vad det är för typ av vegetation. För sammanställda resultat av näringsretention med hänsyn till ytvattenavrinning, se tabell 4.5 a och 4.6 a. För markvattenflödet påverkas retentionen bara av upptaget av växter, denitrifikationsprocessen och förändringar i jordsammansättning (Vought et al., 1994; Bergquist, 1999). För sammanställda resultat av näringsretention i markvattenflöde se tabell 4.5 b och 4.6 b.

Exempel på hur olika växtslag påverkar infiltrationskapaciteten och därmed närsaltsavskiljningen finns i följande undersökningar. I ett försök anlades två skyddszoner med femtio meters mellanrum utefter ett vattendrag. Zonerna hade samma lutning. Den ena var bevuxen av bok (*Fagus sylvatica*) och den andra av gräs. Försöken visade att det krävdes en minst 16 meter bred gräszon för att all ytavrinning skulle tas upp i marken medan det för bokskogen bara krävdes en 4 meter bred zon. En felkälla i försöket var att gräsazonen betades av djur vilket kan ha haft betydelse för kompaktionen av marken (Vought et al., 1994). Se vidare om kompaktionens betydelse under punkt 10. I ett annat försök hade man tre olika zoner, en bevuxen av gräs (zon a), en med gräs och buskar (zon b) och en med bokskog (zon c). Man undersökte de olika zonernas effektivitet att avskilja näringsämnena N och P. Det visade sig att zon b hade en betydande retention av totalfosfor och fosfat-fosfor jämfört med de andra två zonerna. För totalkväve och nitratkväve var skillnaden i retention inte så stor för de tre typzonerna, men även här var zon b mest effektiv (Vought et al., 1994). I ett tredje test jämfördes retentionen av N, P och sediment för tre olika vegetationszoner; zon 1 med gräs, zon 2 med asp och mossa på marken och zon 3 med asp, rönn, björk och gräs. Retentionen av tot-P var högst för zon 3 (nästan 100 %), näst högst för zon 1 (drygt 80 %) och lägst för zon 2 (ca 75 %). Retentionen av lösta partiklar var konsekvent högre för båda trädzonstyperna jämfört med gräsazonen. Retentionen av totalkväve var ungefär lika låg för zon 1 som för zon 2 (runt 40 %) medan den var strax över 60 % för zon 3. Tabell 4.2-4.6 och figur 4.1- 4.3 visar retentionsresultat av skyddszoner beroende på bland annat vegetationstyp.

Tabell 4.3. Tabellen visar retention av näringsämnen beroende av skyddszonens bredd och växttyp.

¹Vegetationen i denna zon skördades.

² Detta värde har beräknats fram genom att dela skillnaden av koncentrationen av tot-P (koncentrationen tot-P från skyddszonen subtraherat från koncentrationen tot-P från åkermarken med ingen skyddszon) med koncentrationen tot-P från åkermarken med ingen skyddszon.

³ Vegetationen i denna zon skördades inte.

Skyddszonsbredd (m)	Växttyp	Retention (%)				Referens
		Tot-N	NO ₃	Tot-P	PO ₄	
4	gräs	10	16	22	19	Vought et al., 1994
4	buskar och gräs	14	20	44	45	Vought et al., 1994
4	boskogs	8	18	14	26	Vought et al., 1994
8	-	-	20	-	66	Vought et al., 1994
16	-	-	50	-	95	Vought et al., 1994
10	timotej & ängssvingel ¹	-	-	41 ²	-	Uusi-Kämppe, 2005
10	Träd, buskar, gräs ³	-	-	41 ²	-	Uusi-Kämppe, 2005
5	Asp, rönn, björk, mossa, gräs	61		96		Syversen, 2005
5	Asp, mossa	40		75		Syversen, 2005

Tabell 4.4. Sammanställning av retentionsresultat beroende av bredden på gräsbevuxna skyddszoner. (tabell 2 och 3, Wenger, 1999).

Tot-P retention (%)		Tot-N retention (%)	
4,6 m	9,1 m	4,6 m	9,1 m
71,5	57,5	67	74
61	79	54	73
41	53	17	51
18	46	0	48

Tabell 4.5. Gräsbevuxna skyddszoners förmåga att reducera innehållet av kväve och fosfor i avrinningsvattnet.

a) Ytvattenavrinning b) Markvattenavrinning (tabell 4, Bergquist, 1999).

a) Ytvattenavrinning

Bredd (m)	Ämne	Reduktion (%)
24	N	94
5	N	61
9	N	72
5	N	30
9	N	49
5	N	54
9	N	73
22	N	82
8	N	20
16	N	50
10	N	47
5	N	65-72
10	N	60-91
30	P	49
5	P	58
9	P	69
5	P	61
9	P	74
5	P	27
9	P	46
22	P	96
8	P	66
16	P	95
10	P	6
5	P	45-56
10	P	56-85

b) Markvattenavrinning (ytligt grundvatten)

Bredd (m)	Ämne	Reduktion (%)
27	N	10-60
22	N	79
22	P	100

Tabell 4.6. Trädbevuxna skyddszoners förmåga att reducera innehållet av kväve och fosfor i avrinningsvattnet.

a) Ytvattenavrinning b) Markvattenavrinning (Tabell 5 från Bergquist, 1999).

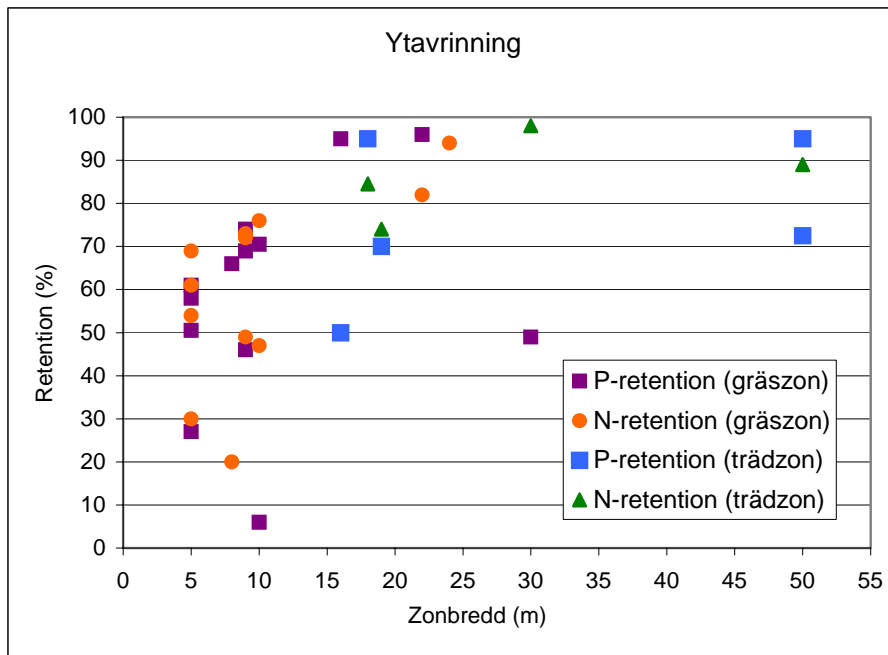
a) Ytvattenavrinning

Bredd (m)	Ämne	Reduktion (%)
30	N	98
19	N	74
50	N	89
18	N	71-98
19	P	70
50	P	82
16	P	50
18	P	95
50	P	50-95

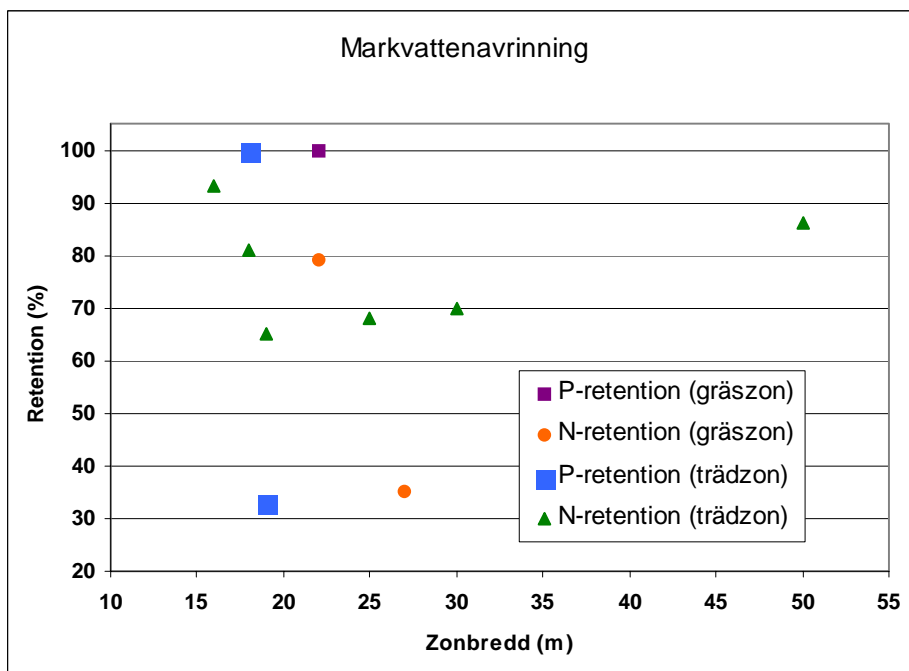
b) Markvattenavrinning (ytligt grundvatten)

Bredd (m)	Ämne	Reduktion (%)
25	N	68
50	N	86
16	N	93
19	N	40-90
30	N	40-100
18	N	81
19	P	33
18	P	100

Tabell 4.5 och 4.6 åskådliggörs i två diagram (figur 4.2 och 4.3).



Figur 4.2. Skyddszoners näringsretention vid ytavrinning beroende på vegetationstyp. Figuren är en sammanställning av tabell 4.5a och 4.6a i Bergquist, 1999.



Figur 4.3. Skyddszoners näringsretention vid markvattenavrinning beroende på vegetationstyp. Figuren är en sammanställning av tabell 4.5b och 4.6b i Bergquist, 1999.

7.

Det faktum att åkermarken är dränerad eller odränerad är viktigt (Vought et al., 1994; Ulén, 2002a; Hagerberg et al., 2004). Via dräneringsledningarna transporteras näringsämnen snabbt till sjöar och vattendrag utan att ha passerat skyddszonen (Ulén, 2002a). Dikningen har bidragit till en effektivare odling samtidigt som den innebär stora förluster av närsalter. I en amerikansk studie uppskattades att 55-60 % av nitratkvävet i ytvatten i Illinois kom via täckdikningsrör (Vought et al., 1994).

8.

Kantzonens bredd har betydelse för retention av N, P och suspenderade partiklar. Fälthörsök i Norge visade att en 5 meter bred gräszon hade lägre retention än en 10 meter bred gräszon (Syversen, 2005). Dock är den specifika effektiviteten per m² större i den 5 meter breda zonen än för den 10 meter breda. Detta beror på att depositionen av partiklar och partikulärt bundna näringsämnen är störst i delen av zonen närmast åkern (Syversen, 2005; Vought et al., 1994). Styrande för hur bred en zon ska vara är vegetationssammansättning, marklutning, jordart och erosionsrisk (Bergquist, 1999). I Bergquist (1999) finns tabellsammanställningar av resultat, från studier gjorda i olika länder, som visar procentuell retention av sediment och näringsläckage beroende på skyddszonens bredd, vegetationstyp (gräs eller träd), yt- och markvattenavrinning, se tabell 4.2, 4.5 och 4.6.

9.

Utbredning av rotsystemet påverkar ytvatteninfiltrationen. Ett större rotsystem ger en högre infiltration (Syversen, 2005). Rotsystemet tar upp näringsämnen, ett tätt rotsystem tar upp mer närsalter än ett mindre tätt.

10.

Kompaktion p.g.a. betning och jordbruksmaskiner påverkar porvolymen i marken negativt och ytavrinningen ökar således. Infiltrationen minskar p.g.a. låg permeabilitet och erosionen ökar vid nederbörd då marken får en ojämn yta med lägre täckningsgrad av gräs. Rotutvecklingen försämras p.g.a. att syrehalten i jorden minskar. Den försämrade rotutvecklingen innebär ett mindre upptag av näringsämnen, som då kan läcka ut (Greppa Näringen, 2005).

11.

Skyddszonens effekt varierar med säsongsvariation av ytavrinning (nederbörd). I försök i Norge simulerades säsongsvariation med hjälp av tillsats av olika mycket ytavrinning, se figur 4.1 (Syversen, 2005). Vattnet togs från det intilliggande vattendraget. Tot-P, tot-N och partiklar mättes för två olika ytavrinningsmängder under sommar och höst i tre olika områden. På hösten var retentionen för fosfor signifikant lägre än på sommaren. För partiklar var retentionen högre på hösten än på sommaren. Det kan tyckas att om retentionen för partiklar var hög på hösten borde den vara hög för tot-P också, men detta kan förklaras av att större delen av tot-P då utgjordes av löst fosfor. Skillnaden i retention för kväve höst och sommar skiljde sig inte så mycket åt (Syversen, 2005). För retentionsresultat av säsongsvariation av ytavrinning se figur 4.1 och tabell 4.5a och 4.6a⁶.

⁶ På grund av bristande information i många av de andra använda källorna kan man inte med säkerhet veta om retentionsresultaten är uppmätta med hänsyn till ytavrinningen. Troligen är det så, eftersom det är enklare än att mäta näringshalt före och efter en skyddszon i ytvattenavrinningen än i markvattnet.

12.

Skörd av skyddszonen har betydelse för dess verkan på näringsläckage. En zonskörd som förs bort innebär en avlägsning av näringsämnen från zonen. Vegetation som vissnar ner återför näringsämnen till zonen och kan således innebära en källa för fosfor och kväve (Uusi-Kämpä, 2005).

4.2 Kostnadseffektivitetsanalys: avsättning av skyddszoner mellan åkermark och vatten i Kungsbackaåns avrinningsområde

Kostnaden för skyddszonen varierar beroende på vilka antaganden som görs. Antaganden redovisas under rubrik 3.2. Följande resultat redovisar kostnaden för skördade och ickeskördade skyddszoner. Denna kostnad har beräknats med annuitetsmetoden. Metodbeskrivning för hela kostnadsanalysen redovisas under rubrik 3.2. Den årliga kostnaden för skördade och ickeskördade zoner redovisas i tabell 4.7.

Tabell 4.7. Den årliga kostnaden beroende av räntan på 1 % och hur länge skyddszonen finns på platsen.

Antal år skyddszonen är i bruk	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Årlig kostnad för skördade zoner kr/ha	4 294	4 307	3 663	3 449	3 341	3 277	3 234	3 203	3 180	3 148
Årlig kostnad för oskördade zoner kr/ha	2 149	2 162	1 518	1 304	1 196	1 132	1 089	1 058	1 035	1 003

Marginalkostnaden per kilo renat näringsämne beräknas genom att dela årskostnaden för år 5 (från tabell 4.7) med antal kg renat kväve respektive fosfor (från tabell 3.6).

Tabell 4.8. Marginalkostnaden i kr/kg med hänsyn tagen till retentionsvariation i olika breda skyddszoner.

Näringsämne (bredd i meter)	N (5 m)	N (10 m)	P (5 m)	P (10 m)
Marginalkostnad kr/kg för zon som skördas	252	218	59 582	56 500
Marginalkostnad kr/kg för zon som ej skördas	87	75	20 582	19 517

SLU har sammanställt olika kvävemarginalkostnader för våtmarker (Sonesten et al., 2004). Värdena varierar mellan 4 och 44 kr/kg. I tabell 4.8 framgår att kvävemarginalkostnaderna för såväl skördade som ickeskördade skyddszoner är mycket högre än den högsta marginalkostnaden för våtmarker. För en femmeterszon som ej skördas är marginalkostnaden 87 kr/kg, vilket är nästan 2 gånger högre än våtmarkens maxmarginalkostnad. Våtmarken är alltså mer kostnadseffektiv än skyddszoner.

4.3 Utvärdering av skyddszoners effekt med avseende på näringsretention

En jämförelse av skyddszoners och andra åtgärders effekt är komplicerad. Jämförelsen har gjorts med våtmarker som ju har en mycket högre näringsbelastning än skyddszoner. Det innebär att jämförelsen görs av två åtgärder som inte är i samma klass. Våtmarker valdes ändå för att det finns mycket forskning om dem och på grund av att det inte fanns tid att sammanställa retentionsuppgifter för en likvärdig åtgärd.

Våtmarker kräver avsättande av stora arealer mark för att fungera som en bra närsaltssänka och bör anläggas där den gör mest nytta, dvs. i ett område dit mycket närsalter transporteras. Näringsbelastningen är mycket högre på en våtmark än på en skyddszon. Våtmarkers effektivitet diskuteras ofta som retention per hektar och år. Få skyddszonskällor har uppgift om arealstorlek och mängd (i massa) renad kväve och fosfor. Det försvårar jämförelsen av resultaten mellan våtmark och skyddszon. Därför beräknades en medelretention som baserades på typvärden för läckage och nordiska retentionsresultat, se under rubrik 3.2. Våtmarker renar mellan 0 till 1 000-2 000 kg N/ha och år (Tonderski et al., 2002, Svensson et al., 2004). Våtmarker med stöd av LIP (antal= 28-29) har en retention av kväve på ca 500 kg N/ha, projektstöd (antal= 25-27) en retention på mellan 50-100 kg N/ha och Miva (antal= 36-41) en retention på mellan 60-100 kg N/ha (Svensson et al., 2004). Detta innebär att ca 70 % av våtmarkerna med stöd har en kväveretention på mellan 50 och 100 kg N/ha och år. Våtmarkernas retention av fosfor för LIP har en retention av fosfor på 3,9-12,1 kg P/ha, projektstöd en retention på mellan 0,3-1,7 kg P/ha och Miva en retention⁷ på mellan 0,2-2,9 kg P/ha (Svensson et al., 2004). Detta innebär att ca 70 % av stödvåtmarkerna har en fosforretention mellan 0,2 och 2,9 kg P/ha och år.

Av de nordiska resultat att döma (Syversen, 2005; Uusi-Kämppe, 2005) har skyddszoner en relativt hög fosforretention med medelvärde 55 % för femmeterszoner och 58 % för tiometerszoner. Kväveretention är lägre med medelavskiljningen ligger på 37 och 43 % för 5 respektive 10 meters bredd. Tabell 4.9 visar skyddszoners medelretention i kg/ha och år i Kungsbackaåns avrinningsområde.

Tabell 4.9. Medelretentionen i kg/ha och år för olika breda skyddszoner i Kungsbackaåns avrinningsområde (baserat på beräkningar av nordiska resultat, se förklaring till detta under rubrik 5.4).

Näringsämne (bredd i meter)	N (5 m)	N (10 m)	P (5 m)	P (10 m)
Medelretention - Rening i kg/ha och år	13	15	0,055	0,058

En jämförelse av våtmarkers och skyddszoners retention visar att våtmarken är mer effektiv per ytenhet på att hålla kvar både fosfor och kväve. Dock är det viktigt att komma ihåg att belastningen på våtmarker är mycket högre per ytenhet än på skyddszoner.

⁷ Den låga retentionen för Miva-våtmarker beror på att våtmarkerna ofta placeras på marker med lågt produktionsvärde vilket inneburit att de oftast hamnat i områden där kväveläckaget - och därmed retentionen - är låg. De har alltså anlagts utan hänsyn till var de egentligen behövs ur näringsbelastningssynpunkt (F. Fredriksson, pers. komm., 2005).

5. Diskussion

5.1 Utvärdering av skyddszoners retentionseffekt

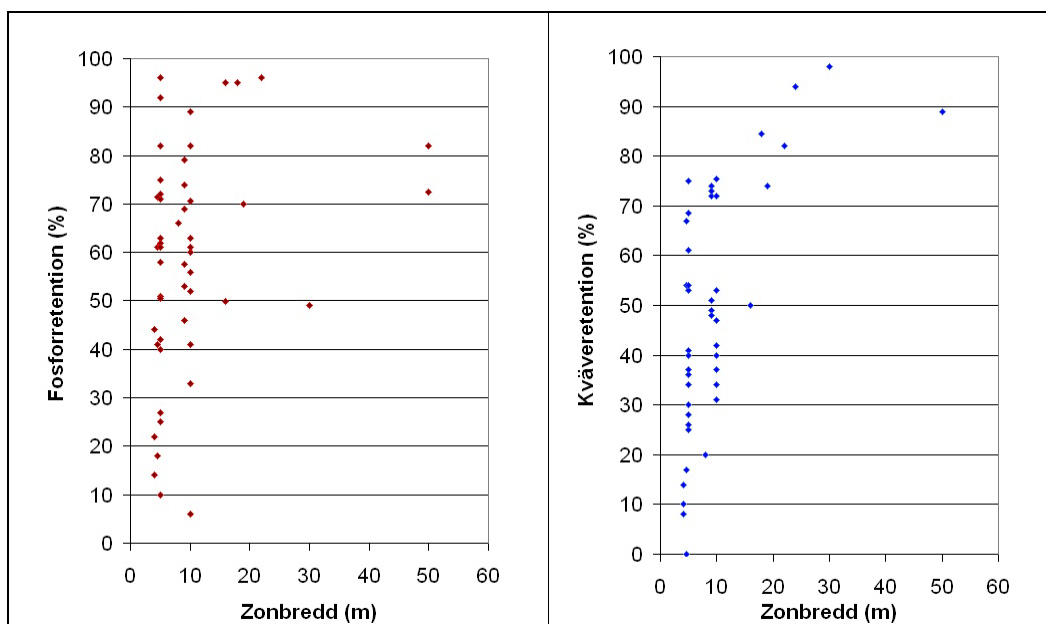
Skyddszoners bedöms vara en bra åtgärd mot näringsläckage, om man tar hänsyn till de lokala förhållandena vid anläggningen. Följande tre stycken diskuterar tre av de faktorer som bör betänkas vid en anläggning.

Dränering har stor betydelse för skyddszonens retentionseffekt, särskilt för nitratkväve. Det finns få uppgifter om hur mycket av det totala kväveläckaget som rinner ner till dräneringsrör, men det torde vara så stor andel att skyddszoner har ingen eller markant lägre retention än om åkermarken inte hade varit täckdikad. Fosforretentionen borde inte minska i samma utsträckning som för kväve, eftersom fosfor oftast förekommer som partikulärt fosfor. Den formen av fosfor avskiljs i en skyddszon genom sedimentering i vegetationsskiktet (vid ytavrinning).

Bredden på skyddszonen är en viktig faktor som styr retentionseffekten. Den bör sättas utifrån kunskap om främst vilken jordart som finns i området och vilken lutningen är. En jords permeabilitet påverkar infiltrationen, vilket har betydelse för näringsläckaget. En grövre jordart, som har en högre infiltration, ger sämre kväveretention. Följaktligen bör en jord med låg infiltration hålla kvar nitratkväve bättre, men den innebär samtidigt en högre ytavrinning, vilket ökar flödet av partiklar, och därmed risken för partikulärt fosforläckage. En zon på en låginfiltrerande mark bör vara så bred att den minskade retention, jämfört med en medelretention, kompenseras. Ler-, silt- och sandjordar har en tendens att läcka fosfor. På sådana jordar bör en relativt bred zon avsättas för att få en bra retentionseffekt.

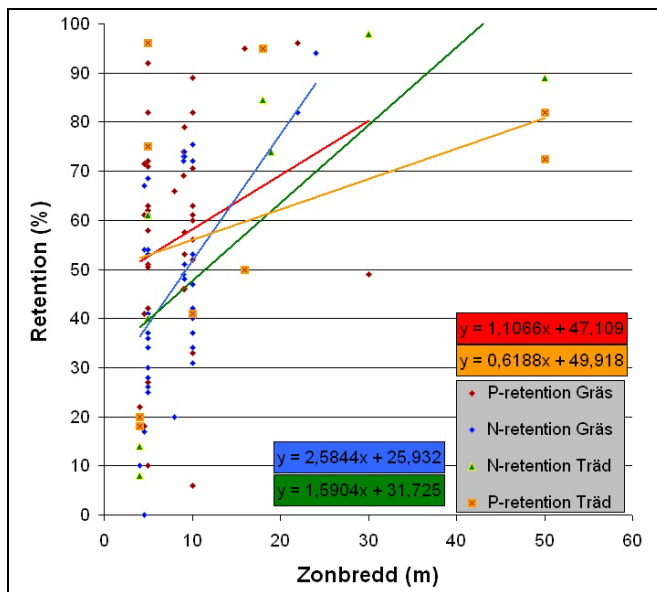
En kraftig lutning kräver en bredare zon, för att vattnet ska hinna infiltrera marken på väg ner genom vegetationstäcket, än om den anlagts på ett platt område. En skyddszon på en svagt lutande eller helt platt mark kanske bara behöver vara fem meter bred för att ha en god retention. En lutning av tio grader skulle kräva en bredare zon. Bredden beror även på hur långt lutningen sträcker sig uppför marken vinkelrätt mot sjöstranden eller vattendraget. En 40° sluttning som sträcker sig tio meter innan marken börjar plana av bör inte ha en skyddszonsbredd kortare än tio meter. Detta för att den starka lutningen innebär en snabb ytavrinning och därmed stor risk för erosion.

Figur 5.1 visar retentionsresultaten som är sammanställda under rubrik 4.1.



Figur 5.1. Fosfor- och kväveretentionsresultat beroende av zonbredd. Diagrammet är sammanställt av resultaten under rubrik 4.1, exklusive resultat för markvattenavrinning.

Resultaten i figur 5.1 visar att en mindre bred zon (förslagsvis 5 meter) ofta har en relativt hög retentionsnivå och att skillnaden i retention inte nödvändigtvis behöver vara så stor mellan en fem och 10 meter bred zon. Variationen i retention för en specifik bredd är stor, både för breda och mindre breda zoner. Om man ska tolka detta utan att ta hänsyn till faktorerna som styr retentionseffekten betyder det att man inte kan vara säker på att en hög retentionsnivå erhålls om en bred zon anläggs. Detta har betydelse vid begrundandet om skyddszonen är ekonomiskt motiverad. Även om en 20 meter bred zon uppmäts ha haft 90 % retention kan man godta en femmeterszon som renar 20 – 30 % mindre, dels för att den är betydligt billigare att anlägga, dels för att det är lättare att få genomslag för den, eftersom den inte innebär en lika stor konflikt mellan jordbrukar- och vattenvårdsintressenten, som 20-meterszonen hade gjort. Medelvärde beräknades för att ge en bild av hur stor retentionen kan tänkas vara. I och med att variationen är så stor är medelvärdet osäkert. För fosfor är medelretentionen i en femmeterszon 57 % och för en tiometerszon 55 %. Den något lägre retentionen i tiometerszonen beror på det avvikande retentionsvärdet på 6 %. Om detta värde bortses från är medelretentionen 59 %. Då skiljer det 2 % mellan fem- och tiometerszon. För kväve är medelretentionen i en femmeterszon 42 % och 47 % i en tiometerszon - en femprocentig skillnad. Det bör även påpekas är att det finns fler resultat för femmeterszoner än tiometerszoner, vilket innebär att medelvärdet är något säkrare för femmeterszonen. Vidare visar resultaten en inbördes varierande retention för olika vegetationstyper, se figur 5.2.



Figur 5.2 Retentionen beroende av zonbredd och vegetationstyp. Diagrammet är sammanställt av resultaten i 4.1, exklusive resultat för markvattenavrinning. Bakgrundsfärgen i ekvationsrutorna motsvarar färgerna i förklaringsrutan.

Resultaten för trädzoner finns, med fem undantag (se tabell 4.3), bara för zoner bredare än 10 meter. En jämförelse av de olika typzonerna är svår, eftersom det

- finns många fler värden av gräs zoner än trädzoner
- finns fler värden för mindre breda gräs zoner än trädzoner
- finns fåtal värden för gräs zoner bredare än 10 meter medan det finns fler resultat för trädzoner bredare än tio meter än för gräs zoner.

Av trädzonsresultaten (högst tio meters bredd) att döma varierar retentionen lika markant som för gräs zoner. De linjära trendlinjerna visar att retentionen initialt är högre för trädzoner jämfört med gräs zoner, men att de avtar snabbare. Som framgår av diagrammet kan gräs zoner dock ha lika hög retention som trädzoner. Vid anläggning är det avsevärt dyrare att plantera träd än att så gräsfrön. Därför väljer man förmodligen att så gräs istället.

Danmark har krav på 3 meter breda skyddszoner längs alla vattendrag (Hagerberg et al., 2004). I Sverige finns inget sådant krav. I stället kan jordbrukare få miljöstöd för att anlägga zonen. De ekonomiska resurserna för detta är begränsade. Många våtmarker har anlagts utan att ta hänsyn till var de egentligen behövs ur näringsbelastningssynpunkt (F. Fredriksson, pers. komm., 2005). Det finns en risk att samma misstag har skett vid anläggandet för skyddszoner. Man måste noga välja var de ska anläggas för att få bästa möjliga effekt. Skyddszoner bör avsättas där de gör störst nytta. Ur ett biologiskt perspektiv är det viktigare att skydda större vattendrag som har ett rikt vattensystem än ett mindre som hyser färre arter. Ur ett övergödningssynpunkt är det bättre att avsätta dem vid en smal vattenfåra med högre närsaltskoncentrationer än vid ett större vattendrag med lägre koncentrationer. Om anläggning sker vid större vattendrag och sjöar bör förhållandevis bredare zoner avsättas. Det ska även påpekas att det i anläggningsfasen kan ske ett läckage av näringsämnen när man bearbetar marken. För en utsedd plats borde schaktningsutformningen (beskriven under rubrik 2.3) innebära ett större läckage av näringsämnen än miljöstödsutformningen, eftersom man gräver i marken och förflyttar stora mängder jord. I och med att jorden blottläggs kan stora mängder näring frigöras genom att

partiklar med fosfor och kväve följer med ytvattenavrinning och även genom att organiskt material, som tidigare legat i en syrefri miljö, börjar brytas ner vid tillgång på syre. Detta läckage måste ställas mot skyddszonens reningseffekt och dess varaktighet. Om skyddszonen finns på plats endast i ett par år och läckaget vid anläggningen utgör en betydande del av retentionen under den tiden, är det kanske inte lämpligt att anlägga zonen, åtminstone inte med det korta tidsperspektivet. Vägningen måste förstås göras oavsett vilken åtgärd det än handlar om.

5.2 Skyddszoners effekt i Kungsbackaåns avrinningsområde

Arean skyddszoner i Kungsbackaåns avrinningsområde beräknades till 19,3 och 53,1 ha om bredden av skyddszonen var 5 respektive 10 meter. Vid beslut om hur bred en skyddszon ska vara, måste hänsyn tas till de lokala förhållandena som råder på platsen, exempelvis lutning, jordart och dränering. Efter den okulära besiktningen bedömde jag att många sträckor längs vattendragen krävde en bredare skyddszon än 5 meter p.g.a. att lutningen var väldigt stor. Några åkermarker hade täckdikessystem med rör som mynnade ut direkt i vattendraget. Som nämnts tidigare har skyddszoner begränsad retention om åkermarken är täckdikad.

Den teoretiska reningen i Kungsbackaåns avrinningsområde beräknades genom att multiplicera arean av överlappande åkermark i 5- och 10-meterszoner med medelretentionen i tabell 4.9. Antal kg/år som renas om en 5 meter bred skyddszon avsätts mellan åkermark och vatten i Kungsbackaåns avrinningsområde är:

$$19,3 * 13 = 250,9 \text{ kg kväve}$$

Totalläckaget av kväve och fosfor från jordbruksmark beräknades till 85 470 kg respektive 244,2 kg för Kungsbackaåns avrinningsområde. Dessa beräkningarna redovisas under rubrik 3.3. Av de 85 470 kilo kväve som läcker ut till havet är 250,9 kg en mycket liten del: 0,29 %. Motsvarande andel för fosfor är:

$$(19,3 * 0,055) / 244,2 * 100 = 0,43 \%$$

Antal kg som renas per år i en 10 meter bred skyddszon har beräknats på samma sätt, med arean 53,1 ha och medelretentionen för fosfor och kväve i kolumn 3 och 5 i tabell 4.9. Tabell 5.1 visar skyddszoners beräknade näringsretention i Kungsbackaåns avrinningsområde och hur stor del det utgör av jordbruksmarkens läckage.

Tabell 5.1 Den beräknade reningen per år (totalt samt den ställt i förhållande till totalläckaget från jordbruksmark i Kungsbackaåns avrinningsområde), då skyddszonsbredden är 5 och 10 meter.

Näringsämne (bredd i meter)	N (5 m)	N (10 m)	P (5 m)	P (10 m)
Total retention i avrinningsområdet (Kg)	250,9	796,5	1,06	3,08
Andel av totalläckaget från avrinningsområdets jordbruksmark (%)	0,29	0,93	0,43	1,26
Skillnad i totalretention mellan 5 och 10 m (%)	317		291	

En 5 meter bred skyddszon i fallstudieområdet beräknades ha en retention av 0,29 % av det totala kväveläckaget och 0,42 % av fosforläckaget. Detta innebär att de 19,3 ha skyddszoner i Kungsbackaåns avrinningsområde skulle ha en mycket liten effekt på näringsläckaget från avrinningsområdet. Effekten blir, enligt beräkningarna, ca 3 gånger bättre om en tio meter

skyddszon avsätts, men är fortfarande en liten del av totalläckagen av N och P. Det är viktigt att trycka på att denna beräknade effekt förutsätter att reningen är lika bra i hela skyddszonsytan. Troligen är detta inte fallet, eftersom depositionen av partiklar, och därmed partikulärt fosfor, är störst i delen närmast åkern (Syversen, 2005). Dessutom uppvisar retentionsresultaten för både kväve och fosfor, som visas i figur 5.1, en mycket stor variation även för tiometerszoner, vilket betyder att de inte försäkras en bättre retention än femmeterszoner. Den effektiva ytan som avskiljer näringsämnen borde således vara mindre än 53,1 ha för en tio meter bred skyddszon i Kungsbackaåns avrinningsområde.

En jämförelse av retentionen med ett antaget reningsbehov av 1 % av totalläckaget (854,7 kg N och 2,442 kg P) visar att en 5 meter bred zon kan rena 29 % av kvävereningsbehovet och 43 % av fosforreningsbehovet. Alltså kan ett reningsbehov av 1 % av totalläckaget inte uppnås med en skyddszonsyta av 19,3 ha i avrinningsområdet. Dock stoppar skyddszoner näringsläckaget närmare källan än våtmarker. Åtgärden bedöms därför som en, i förebyggande syfte, bra åtgärd både för kväve- och fosforläckage till sjöar och vattendrag. Detta kan verka paradoxalt med tanke på att åtgärden har en så liten effekt på läckaget i fallstudieområdet, men man bör ha i åtanke ingen åtgärd är rätt alla gånger. Dessutom har beräkningarna gjorts i underkant för att inte överskatta retentionseffekten. Retentionen kan alltså vara avsevärt bättre. Medelretention, som använts för att beräkna marginalkostnaden, baserades på nordiska värden (Syversen, 2005; Uusi-Kämpä, 2005).

Arean av bufferzonen, med 5 meters bredd, beräknades till 541,8 ha. Endast ca 19,3 ha av dessa utgjordes av åkermark som fanns inom bufferzonen. Skillnaden i area mellan de två lagren är ca 522 ha. Vad som finns på denna mark är av betydelse för retentionen av näringsämnen. En vegetationszon är ju en naturlig skyddszon och borde ha liknande retention som en anlagd zon. Kalmark och betesmark har sannolikt hög ytavrinning och erosion, och därmed sämre retention än en anlagd zon. För den besiktigade sträckan längs Kungsbackaån är uppskattningsvis hälften av zonarealen betesmark och hälften bevuxen av vegetation. De besiktigade sträckorna längs Lillån, Hassungaredsbäcken och Lindome var till största delen bevuxen av vegetation. Om man antar att hela bufferzonsarean är skyddszon (541,8 och 1 094,2 ha för 5- respektive 10-meterszoner) och har en medelretention enligt tabell 4.9, är den totala retentionen för skyddszoner i Kungsbackaåns avrinningsområde ca 7 000 kilo kväve och 30 kg fosfor (se tabell 5.2). Reningen utgör då 8 respektive 12 % av det totala utsläppet från jordbruksmark i avrinningsområdet.

Tabell 5.2. Retention av 5 och 10 meter breda skyddszoner längs alla sjöar och vattendrag i Kungsbackaåns avrinningsområde och denna ställt i jämförelse med totalläckaget från avrinningsområdet.

Näringsämne (bredd i meter)	N (5 m)	N (10 m)	P (5 m)	P (10 m)
Retention (Kg i avrinningsområdet)	7 043	16 413	29,8	63,5
Antal % som renas av totalläckaget	8	19	12	26

Som nämnts ovan är näringsretentionen för 10-meterszonen mycket större i och med att man i beräkningen antar att retentionen är lika bra i hela skyddszonsytan. Dock är den effektiva ytan som avskiljer näringsämnen i detta fall sannolikt mycket mindre än 1 094,2 ha.

I regeringens miljömålsproposition föreslås att de två delmålen som berör minskade fosfor- och kväveutsläpp, i miljömålet *Ingen övergödning*, ska lyda:

Fram till år 2010 skall de svenska vattenburna utsläppen av fosforföreningar från mänsklig verksamhet till sjöar, vattendrag och kustvatten ha minskat med minst 20 procent från 1995 års nivå.

och

Senast år 2010 skall de svenska vattenburna utsläppen av kväveföreningar från mänsklig verksamhet till haven söder om Ålands hav ha minskat med minst 30 procent från 1995 års nivå. (Regeringen, 2004b)

År 2000 beräknades utsläppen av fosfor vara 3 200 ton och utsläppen av kväve 78 700 ton, vilket var en 11- respektive 8-procentig minskning från 1995 års nivåer (Regeringen, 2004b). Det innebär att utsläppen måste minska med ytterligare 320 ton fosfor och 9 200 ton kväve från år 2000 räknat. Av tabell 5.2 framgår att retentionen kan uppgå till ca 30 kg P/år och 7 000 kg N/år i en bevuxen skyddszon med 5 meters bredd kring alla sjöar och vattendrag i fallstudieområdet. Denna retention, tillsammans med andra åtgärders retention, av betydelse för att nå de två delmålen. Detta är ett viktigt argument för att behålla de bevuxna zoner som finns och inte göra om dem till jordbruksmark.

5.3 Kostnadseffektivitetsanalys: skyddszoner i Kungsbackaåns avrinningsområde

Osäkerheten i beräkningarna ökar ju fler antaganden som har gjorts. Jag har med hänsyn till tidsbegränsningen försökt räkna ut kostnader så detaljerat som möjligt. Marginalkostnaden beräknades och jämfördes med våtmarkers marginalkostnad. Problemet med att jämföra marginalkostnad för olika åtgärder är att inget standardiserat sätt finns för att ta fram den. Marginalkostnaderna för våtmarker har beräknats fram med hänsyn till anläggningskostnader (huvudsakligen för grävningsarbete) inklusive kostnader för köp av mark eller arrende och driftkostnader (Dellien, 1997; Leonardson, 1994). De framräknade marginalkostnaderna för skyddszoner är annorlunda, då jag räknat på förlorad inkomst av skörd istället för inköp av mark/arrende. Detta gör att jämförelsen inte är riktigt korrekt. För en korrekt jämförelse borde marginalkostnaden för våtmarker ha beräknats på samma sätt som för skyddszoner. Ännu hellre skulle beräkningen ha gjorts för en åtgärd som har liknande näringsbelastning som skyddszoner har. Dock var detta inte möjligt på grund av tidsbegränsningen.

Tabell 4.8 visar att marginalkostnaden är ca 3 gånger högre för en zon som skördas än för en som inte skördas. Detta förklarar varför det är valfritt för bönder med miljöstöd att själva välja om zonen ska skördas eller inte. Ett skördekrav skulle förmodligen innebära att färre zoner anlades.

5.4 Problem med litteraturundersökningen

Buskar och träd kan förhindra en etablering av lågväxande, marktäckande vegetation. Detta har betydelse för avskiljningen av partikulär fosfor. En zon med gräsarter som ger en tät grässvål förhindrar partikulär fosforerosion bättre än en zon med vegetation som missgynnar lågväxande arter. I rapporterna som studerats är beskrivning av hur zonerna ser ut undermålig, särskilt för trädzoner. Det är av stor betydelse att veta hur zonen ser ut för att kunna bedöma resultaten. Hur ser undervegetationen ut (om trädzon), hur pass tät är grässvålen på undersökta skyddszoner, går

betande djur på zonen? Svaren på dessa frågor kan vara till stor hjälp vid tolkning av resultaten. I Bergquists tabeller, såväl som i rapporten, saknas en ingående beskrivning av hur de undersökta zonerna ser ut (delvis kan detta bero på att det saknas beskrivning om detta i huvudkällan). Därför är det svårt att tolka resultaten. En jämförelse av två resultat (se tabell 4.2) väcker en viss undran av de egentliga förhållanden som förelåg för respektive skyddszon. Resultaten av två olika studier, gjorda av olika forskare, visade att en gräszon på 25 meters bredd reducerade 92 % av sedimenttransporten (zonens lutning ej angiven). Den andra zonen (också gräszon) som var endast 5 meter bred med en lutningsvariation på mellan 11-16 % gav en 81 % reduktion av sedimenttransport. Bredden skiljer sig markant men ger i stort sett samma reduktion av sedimenttransport till vattendrag. Vad beror detta på? Det kan vara mindre nederbörd under försöksperioden för femmeterszonen än för 25-meterszonen, kortare försöksperiod för någon av studierna, sämre infiltration för 25-meterszonen eller ovanligt bra infiltration för femmeterszonen - man kan bara spekulera. Samma ovisshet finns för resultaten av trätskyddszoner. Trots detta ger ju tabellen ändå en insikt, i de enskilda fallen, hur mycket bredden betyder för sedimenttransporten *på just den platsen* som undersökningen ägt rum på. Denna jämförelse visar att det är svårt att jämföra två resultat man vet så lite om, som bara själva retentionsresultatet, zontyp och -bredd.

För alla retentionsresultat gäller att de visar näringsretention beroende av de styrande faktorerna på just den platsen. Därför är det viktigt att man, innan en jämförelse görs, är medveten om vilka förhållanden som råder på den platsen som man liknar en annan plats vid. En studie gjord i USA om skyddszoner mellan jordbruksmark och vatten kan mycket väl ge en idé om hur stor retentionen är på en skyddszon i Sverige om jordarten är densamma, liksom lutningen, nederbördsmängd, säsongsvariation, vegetationstyp, täckningsgrad och så vidare. Att göra jämförelsen med studier gjorda i samma land eller geografiska område med liknande klimatförutsättningar kan ge en mer realistisk bild av retentionens storlek. I Sverige utsätts jordarna för frysning och upptining vilket kan bryta sönder jordaggregaten. Nederbörd på nyligen frusen jord brukar innebära tillfälligt höga fosforförluster (Ulén & Jakobsson, 2005). Därför har beräkningen av medelretentionen i metoddelen beräknats som ett medelvärde av resultaten i studierna från Norge och Finland (Syversen, 2005; Uusi-Kämpä, 2005).

Ett annat problem är att de flesta retentionsstudier är korttidsstudier som gjorts under en viss säsong (Vought et al., 1994; Bergquist, 1999). För att beskriva säsongsvariationens inverkan bör mätningar utföras året runt.

5.5 Diskussion kring faktorer

Nedan följer en diskussion kring några av faktorerna, som är värd att framhäva.

- Andel löst och partikulärt fosfor och kväve spelar roll för vilken retention skyddszonen har. Kväve förekommer till största delen som nitratkväve vilket förs ut med grund- och markvattenströmningarna. Andelen löst fosfor (PO₄-P) och partikulärt fosfor (part-P) kan som sagt variera och mängd av respektive form är en viktig källa för att veta om det kommer att ske ett stort eller mindre läckage av fosfor.

- Punkt 10 under rubrik 4.1 tar upp kompaktionens betydelse för zonens retention. Vid den okulära besiktningen utmed Kungsbackaån och Lillån påträffades sträckor utmed vattendragen som avsatts till betesmark och hästhage. Det är inte avstängslat, vilket tillåter djuren att gå ända ner till vattenbrynet och trampa upp marken. Under blöta perioder förvandlas marken då till en lerig sörja, vilket ökar erosionen markant. För att förhindra detta kan marken närmast sjön eller vattendraget stängslas av.
- Skörd av zonen behöver inte betyda garanterad minskning av nettonäringstillskottet till zonen och sjön/vattendraget. Om läckaget från dött växtmaterial i skyddszonen överstiger näringsretentionen utgör skyddszoner en källa för näringsläckage. Den vissnande vegetationen utgör även kolkälla för denitrifikationsbakterierna. Om för mycket tas bort minskar den processen och avskiljningen av kväve minskar. Det är alltså en balans som behöver eftersträvas. En undersökning visar att växternas upptag stod för 33 % av nitratkvävereduktionen i grundvattnet. Man antog att denitrifikationen stod för resten av nitratminskningen (Bergquist, 1999). En annan studie visar att denitrifikationen minskar nitrathalten i grundvattnet med upp till 60 %. Denitrifikationsaktiviteten i det ytliga grundvattnet är vanligtvis störst vår och höst, men kan också ske på sommarn och vintern om lämpliga förhållanden föreligger (Bergquist, 1999).
- För täckdikade åkrar har skyddszoner dålig retention av kväve eftersom vattenlösligt nitrat är den formen av kväve som förekommer till största delen. Nitratet förs snabbt ned till täckdikessystemet tack vare den snabba infiltrationen av regnvatten och rinner ut till vattendraget/sjön. Retentionen av fosfor torde vara något bättre än för kväve om partikulärt fosfor är den dominerade formen och lutningen är relativt hög, så att vattnet rinner på ytan fortare än det infiltreras i marken. Inga uppgifter om areal täckdikad åkermark har funnits för Kungsbackaåns avrinningsområde.

6. Slutsatser

Skyddszoners retentionseffektivitet styrs av ett antal faktorer. Dränering, jordart och lutning är troligen tre viktigaste faktorerna som påverkar skyddszoners retentionseffektivitet.

Resultaten visar att en mindre bred zon ofta har en relativt hög retentionsnivå, och att retentionen inte nödvändigtvis skiljer sig markant mellan en 5 meter bred zon och en 10 meter bred zon. Skyddszoner (5 m) har en fosfomedelretention som är ca 55 %. Kväveretentionen är lägre med en medelretention under 40 %. Våtmarken avskiljer större mängder kväve och fosfor än skyddszoner, men har en högre näringsbelastning. Liksom för våtmarker är det viktigt att placera skyddszoner där de gör bäst nytta och att utforma dem väl.

Trots att skyddszoner inte har en hög reningseffekt för kväve, är de ändå viktiga för främjandet av biologisk mångfald och förhindring av pesticidavdrift och erosion. Skyddszoner har visats ha en positiv påverkan på ekosystemet i vatten. Dessutom ger de uppehållsplatser för fåglar och smådjur och underlättar djurs rörelser i det öppna landskapet. De kan även förhindra pesticidavdrift. En lågväxande gräszon torde inte ha en stark påverkan på avdriften, men om skyddszonen är relativt bred och högbevuxen kan den förhindras bra. Skyddszoner är ett bra skydd mot erosion av strandbrinken. Med tanke på de mängder matjord som försvinner är det väl

motiverat att skydda strandbrinkarna från erosionen. Den eroderade jorden kan till slut hamna på lekbottnar i sjöar och vattendrag, vilket har konsekvenser för fisk och bottenfauna. Jorden kan även grunda upp våtmarker nedströms varpå dess retentionseffektivitet avtar. De negativa konsekvenserna av att inte ha en skyddszon torde vara mycket mer kostsamma än att anlägga dem.

Skyddszoner är dyrare per hektar än våtmarker. Eftersom kvävemarginalkostnaden för oskördade skyddszoner var ca två gånger högre än våtmarkers, är det tveksamt om det är ekonomiskt motiverat att anlägga dem. Dock kan de vara miljömässigt motiverat eftersom de inte bara förhindrar näringsläckage, utan även medför positiva effekter för erosion, pesticidavdrift och biologisk mångfald. De positiva följderna av skyddszoner kan mycket väl uppväga den relativt låga retentionen av kväve och den höga marginalkostnaden. Denna vägning måste göras av både markägare och anläggare. Eftersom skyddszoner har en mycket hög fosforretention och på grund av att de dessutom gynnar andra intressen än motverkande av eutrofieringen, gör jag bedömningen att anläggningen av dem är både miljömässigt och ekonomiskt motiverad.

I sötvattensystem är fosfor oftast det begränsande näringsämnet. Skyddszoner har en relativt hög fosforretention, och om de utformas på rätt sätt med hänsyn till de lokala förutsättningarna bedöms skyddszoner vara en effektiv åtgärd mot näringsläckage till sjöar och vattendrag. I hav är kväve ofta det begränsande näringsämnet. Om skyddszon anläggs på den jordbruksmark som överlappar den 5 meter breda bufferzonen längs alla sjöar och vattendrag i Kungsbackaåns avrinningsområde skulle den arean ha en retention av ca 250 kg N/år. Denna mängd är en mycket liten del av det totala utsläppet till Kattegatt. Om hela bufferzonens area utgörs av skyddszon skulle den teoretiska retentionen bli ca 30 gånger högre. Ju fler löpmeter skyddszon som finns längs sjöar och vattendrag desto högre blir den totala retentionen. Därför är det viktigt att behålla de befintliga bevuxna zonerna och inte avsätta dem för jordbruk. Även om skyddszoner har en relativt liten effekt på det totala näringsutsläppet, måste man komma ihåg att det inte finns någon åtgärd som ensam kan lösa övergödningproblemet. Därför är det viktigt att se den enskilda åtgärden som en del av något större.

7. Referenser

Litteratur

Anbumozhi, V., Radhakrishnan, J., Yamaji, E. (2005) Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. *Ecological Engineering* 24, 517-523.

Anderson, J., Oscarsson, H. (2004) Historiska våtmarker-våtmarkers utbredning från 1800-talet och framåt i några avrinningsområden i Västra Götaland. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 32 s. ISSN 1403-168X

Bergquist, B. (1999) Påverkan och skyddszoner vid vattendrag i skogs- och jordbrukslandskapet, Fiskeriverket Rapport 1999:3., 118 s. ISSN 1104-5906

Brandt M., Ejhed H. (2002) TRK Transport- Retention- Källfördelning: Belastning på havet Naturvårdsverkets Rapport 5247. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm, 177 s. ISBN 91-620-5247-0.pdf

Bydén, S., Larsson, A-M., Olsson, M. (2003) Mäta vatten – Undersökningar av sött och salt vatten. Institutionen för miljövetenskap och kulturvård, Göteborgs Universitet, 136 s. ISBN 91 88376 22 2

Dellien, I. (1997) Närsaltsretention i en nyanlagd damm i Skåne: Dammars kostnadseffektivitet och potential för närsaltsreduktion. *Vatten* 53, 179-182.

Egriell, N., Höglind, K., Lettsjö, L., och Svahn, J. (2001) Fiskevårdsplan för sötvatten i Västra Götalands län, Rapport 2001:58. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 54 s. ISSN 1403-168X

Eriksson, S., van Alphen de Veer, D., Nilsson, A-K., Kuusk, A-K., Böhlenius, E. (2003) Ökad mångfald – kunskapsmanställning om nyskapande av livsmiljöer i enahanda åkerlandskap. HS, Landsbygdkonsult AB, Uppsala, 95 s.

Hagerberg A., Krook J., Reuterskiöld D. (2004) Åmansboken: Vård, skötsel och restaurering av åar i jordbruksbygd. Saxån-Braåns vattenvårdskommitté och Ekologgruppen i Landskrona AB, 134 s. ISBN 91-631-4875-7

Leonardson, L. (1994) Våtmarker som kvävefällor – Svenska och internationella erfarenheter. Naturvårdsverkets rapport 4176. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm, 265 s. ISBN 91-620-4176-2

Länsstyrelsen i Västra Götaland (2005) Bidragskalkyler, 145 s.

Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Sjöar och vattendrag, Rapport 4913. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm. 101 s. ISBN 91-620-4913-5

Naturvårdsverket (2002) Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm, 208 s. ISSN 0282-7298

Nihlén, C., (2003) Skyddszoner utmed vattendrag på kommunägd mark. Kommunekologen, Helsingborgs stad, Helsingborg 1996, 96 s.

Queb, K. (2005) Kostnadseffektivitetsanalys i vattendirektivet - exemplifiering och tillämpning av Naturvårdsverkets råd och rekommendationer. Länsstyrelsen i Västra Götaland. Opublicerad källa.

Regeringen (1997) Förordningen om miljöstud, Fo 1997:1336

Regeringen (2000) Förordningen om stöd för miljö- och landsbygdsutvecklingsåtgärder, Fo 2000:577

Regeringen (2004a) Förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön, Fo 2004:660

Regeringen (2004b) Regeringens proposition 2004/05:150 Svenska miljömål - ett gemensamt uppdrag.

Sonesten, L., Wallin, M., Kvarnäs, H. (2004) Kväve och fosfor till Väner och Västerhavets-Transporter, retention och åtgärdsscenarioer inom Göta älvs avrinningsområde. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 191 s. ISSN 1403-168X

Svensson, J., M., Strand, J., Sahlén, G., Weisner, S. (2004) Rikare mångfald och mindre kväve – Utvärdering av våtmarker skapade med stöd av lokala investeringsprogram och landsbygdsutvecklingsstöd. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm, 124 s. ISBN 91-620-5362-0

Syversen, N. (2005) Effect and design of buffer zones in the Nordic climate: The influence of width, amount of surface runoff, seasonal variation and vegetation type on retention efficiency for nutrient and particle runoff. Ecological Engineering 24, 483-490.

Tonderski K., Wiesner S., Landin J., Oscarsson, H. (2002) Våtmarksboken: Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. VASTRA, 270 s. ISBN 91-631-2737-7

Ulén, B. (1997) Förluster av fosfor från jordbruksmark, Rapport 4731. Naturvårdsverket förlag, Stockholm, 78 s. ISBN 91-620-4731-0

Ulén, B. (2002a) Fakta jordbruk, nr 2: Undvik fosforläckage när lerjordar gödglas. Sveriges Lantbruksuniversitet, TK i Uppsala AB, 4 s.

Ulén, B. (2002b) Fakta jordbruk, nr 6: Svävande lerpartiklar för fosfor till havet. Sveriges Lantbruksuniversitet, TK i Uppsala AB, 4 s.

Ulén, B., Jakobsson, C. (2005) Critical evaluation of measures to mitigate phosphorus losses from agricultural land to surface waters in Sweden. Science of Total Environment 344, 37-50.

Uusi-Kämpä, J. (2005) Phosphorus purification in buffer zones in cold climates. *Ecological Engineering* 24, 491-502.

Vattendirektivet (2000) Europaparlamentets och Rådets direktiv 2000/60/EG, Europeiska gemenskapernas officiella tidning.

Vought, B-M, L., Dahl, J., Lauge Pedersen, C., Lacoursière, O. J. (1994) Nutrient retention in riparian ecotones. *Ambio* 23, 342-348.

Wenger, S. (1999) A review of the scientific literature on riparian buffer width, extent and vegetation. Office of public service & outreach, Institute of Ecology, University of Georgia, 59 s.

Internet

Greppa Näringen (2005)

<http://www.greppa.nu/kunskapen/uppslagsboken/markbordighet/markpackning/packningseffekter/rotutvecklingochfunktion.4.1d59d3cf8019a445f7fff13906.html>, 2005-10-06

Jordbruksverket (2005a)

<http://www.jordbruksverket.se/download/18.7b4ed7103caa9d4af80001021/Extern%20nyhetsbrev%20om%20g%E5rdsst%E6det%20nr%2032.pdf>, 2005-09-05

Jordbruksverket (2005b) www.sjv.se , 2005-09-05

Jordbruksverket (2005c)

<http://www.sjv.se/amnesomraden/stodmjolkkvoter/stodguiden/valkommentillstodguiden/2005/stod/miljoersattningar/skyddszoner.4.edd9de101b02a3d488000502.html>, 2005-10-20.

Miljömålsportalen (2005) www.miljomal.nu, 2005-09-21).

Muntliga referenser:

*Länsstyrelsen: Länsstyrelsen i Västra Götaland

Fredriksson, Fredrik	Länsstyrelsens Lantbruksenhet	031-60 59 76
Grönvall, Anders	Jordbruksverket	036-15 56 97
Johansson, Fredrik	Länsstyrelsens Lantbruksenhet	0501-60 58 72
Neuman, Lars	Länsstyrelsens Lantbruksenhet	031-60 59 83
Nihlén, Claes	Miljökontoret, Helsingborgs stad	042-10 50 43
Queb, Kabir	Länsstyrelsens Vattenvårdsenhet	031-60 55 12
Romarker, Hans	Lantbrukarnas Riksförbund, Konsult	0480-42 18 76