



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Förluster i olika ensileringsystem

Linn Abrahamsson

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **402**

Uppsala 2012

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **402**

Examensarbete, 30 hp

Masterarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 30 hp

Master thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Förluster i olika ensileringsystem

Silage losses in different silo systems

Linn Abrahamsson

Handledare: Rolf Spörndly
Supervisor:

Bitr. handledare:
Assistant supervisor:

Examinator: Jan Bertilsson
Examiner:

Omfattning: 30 hp
Extent:

Kurstitel: Masterarbete i husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0552
Course code:

Program: Agronomprogrammet
Programme:

Nivå: Avancerad A2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2012
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 402
Series name, part No:

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>
On-line published:

Nyckelord: Svinn, ensilage, silo, tornsilo, plansilo, rundbalar, varmgång, ts-förlust
Key words: Tower silo, bunker silo, round bales, deterioration, DM-loss

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
2. LITTERATURSTUDIE	2
2.1 Grundprinciper för ensilering	2
2.2 Förluster av torrsubstans, energi och protein	2
2.3 Förluster under processen	4
2.3.1 Respiration	4
2.3.2 Fermentationsförluster	5
2.3.3 Uttagningsförluster	5
2.3.4 Pressvattenförluster	5
2.3.5 Kasserat foder	6
2.4 Förebyggande åtgärder för minskade förluster	6
2.4.1 Ensileringsmedel	6
2.4.2 Förtorkning	7
2.4.3 Hackelslängd	8
2.5 Olika typer av ensileringsystem	8
2.5.1 Plansilo	8
2.5.2 Tornsilo	9
2.5.3 Slangar	10
2.5.4 Balar	10
3. MATERIAL OCH METOD	11
3.1 Invägning	11
3.1.1 Plansilo	11
3.1.2 Tornsilo	12
3.1.3 Slangar	12
3.1.4 Balar	12
3.2 Utvägning	12
3.2.1 Plansilo	13
3.2.2 Tornsilo	13
3.2.3 Slangar	13
3.2.4 Balar	13
3.3 Kemiska analyser	14
3.3.1 Grönmassa	14
3.3.2 Ensilage	14
4. RESULTAT	14
4.1 Inlagd grönmassa	14
4.2 Utvägt foder	15
4.3 Plansilo	16
4.3.1 Plansilo 121	16
4.3.2 Plansilo 122	16
4.4 Tornsilo	16
4.4.1 Tornsilo 139	16
4.4.2 Tornsilo 140	17
4.5 Slangar	17
4.5.1 Slang 1	17
4.5.2 Slang 2-4	17

4.6 Balar	18
5. DISKUSSION	18
6. SLUTSATS	21
7. REFERENSER	22

ABSTRACT

In Sweden the climate makes it impossible to feed fresh herbage to cattle during many months of the year. During periods when preserved forage must be supplied it is important that this forage is stored in such a way that high quality is retained, both nutritionally and hygienically. Furthermore, it is essential that losses occurring when handling and storing the forage are kept as low as possible. This study compares storage in tower silos, bunker silos, big bags and bales, estimating dry matter losses as well as losses in metabolizable energy and crude protein that occur during storage. The results show that tower silos, bunker silos and big bags, the systems with the largest amount of forage and a long feed out period involve larger losses than bales, which are fed out immediately after being opened. As the feed out rate influences the losses, tower silos and bunker silos should be used during the period of the year when the feed out rate is as high as possible, i.e. in winter when all animals are kept indoors. In autumn and spring, bales or big bags are to be preferred. Smaller farms should use bales or big bags also in winter to assure the feed out rate to not be lower than recommended.

SAMMANFATTNING

Sverige är ett land med ett klimat som gör att det under delar av året inte går att erbjuda djuren färskt foder. Under den period av året då djuren måste tillgodose sina behov med lagrat grovfoder har det en stor betydelse att detta foder kan lagras på ett sådant sätt att kvalitén behålls god, både nutritionellt och hygiensikt samt att förluster som uppstår under hantering och lagring blir så små som möjligt. I denna studie har en jämförelse gjorts mellan tornsilo, plansilo, slangar och balar, över de förluster av ensilagens torrs substans, omsättbara energi och råprotein som uppstår under lagringsperioden. Tornsilo, plansilo och slangar, de system som rymmer en större mängd grovfoder och som har en uttagningsperiod som sträcker sig över en längre period, visade sig ha större förluster än det system där grovfodret uppfodras direkt, det vill säga balar. Då storleken på förlusterna påverkas av uttagningshastigheten bör tornsilo och plansilo användas under den period på året då uttagningshastigheten är som störst, det vill säga under vintern då alla djuren är installade. På hösten och på våren lämpar sig balar och slangar bättre. Mindre gårdar bör använda sig av balar eller slangar året om för att inte få en för låg uttagningshastighet.

1. INLEDNING

I Sverige odlas idag grovfoder på 48 % av åkermarken vilket motsvarar 1 270 000 hektar (SCB, 2009). För att detta grovfoder skall kunna användas under vinterhalvåret då det inte finns något färskt grovfoder att tillgå måste det lagras (McDonald *et al.*, 1991). Grovfodret lagras antingen som hö eller som ensilage (Huhtanen *et al.*, 2010).

För att lyckas med ensileringen krävs en syrefri miljö. Om syretillträde sker under lagringen uppstår förluster. Olika system varierar i hur syretäta de går att få och det i sin tur gör att storleken på förlusterna varierar beroende på om det är plansilo, tornsilo, slangar eller balar som används (Gordon, 1967; Muck & Holmes, 2006). En annan faktor som visat sig kunna spela in är hur lång tid det tar från öppnandet av den syretäta förvaringen till det att allt foder är uttaget och uppfodrat (Holmes, 1998; Muck & Shinnors, 2001). Utöver det lagringssystem som används spelar även en rad andra faktorer såsom torrsubstanshalt, omgivande temperatur, plantans ursprung, tillgängliga substrat och pH in på hur stora förlusterna blir (Woolford, 1990).

Det är av stort ekonomiskt intresse att fodret under denna tid kan lagras på ett sådant sätt att kvalitén behålls god, både nutritionellt och hygiensikt samt att förluster som uppstår under hantering och lagring blir så små som möjligt. Torrsubstans, energi och protein är exempel på förluster som uppstår (McDonald *et al.*, 1968; McDonald *et al.*, 1991). Vad gäller energi- och proteinförluster visar olika studier varierande resultat över hur stora förlusterna blir (Henderson *et al.*, 1972; McDonald *et al.*, 1973; McDonald *et al.*, 1991) medan förluster av torrsubstans under ensileringen kan uppgå till över 20 % (Bastiman & Altman, 1985; McGechan, 1990).

Då den genomsnittliga skörden uppskattas vara 4000 kg torrsubstans per hektar (SCB, 2009) blir den totala skörden 5 000 000 ton torrsubstans grovfoder. Om en sänkning av förlusterna med 20 % skulle tillämpas på Sveriges totala grovfoderareal skulle samma mängd foder kunna odlas på 254 000 hektar mindre. Ekonomiskt skulle det kunna betyda en vinst på 1 miljard kronor per år då 250 000 hektar med en genomsnittlig skörd på 4000 kg torrsubstans per hektar innebär ungefär 1 miljon ton torrsubstans grovfoder med ett produktionspris på cirka 1 kr per kg torrsubstans. Vikten av att producera högkvalitativt grovfoder med små förluster kan också ses ur ett miljöperspektiv, då jordbruket står för 13 % av Sveriges utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2008). Livscykelanalyser (LCA) som gjorts på ensilage visar att förlusterna i de olika systemen har stor betydelse för hur hög energianvändningen blir under ensilagehanteringen efter odlingen. Ensilagehanteringskedjan, den hantering som sker efter odlingen, är den del av grovfoderframställningen som kräver mest energi. Med en effektiv och riktig grovfoderhantering med färre förluster skulle miljöpåverkan bli mindre (Strid & Flygsjö, 2007).

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka hur stora lagringsförlusterna för tornsilos, plansilos, slangar och balar är. Hypotesen som testas är att plansilo är den lagringsform som är svårast att få syretät och att förlusterna därmed blir som störst där. Rundbalar som är rätt inplastade och hanteras väl tros vara den mest syretäta lagringsformen med lägst förluster. Ytterligare en faktor som inverkar på hur stora förlusterna blir i de olika systemen är hur lång tid det tar från det att silon öppnas till dess att allt ensilage är uppfodrat.

2. LITTERATURSTUDIE

2.1 Grundprinciper för ensilering

Det finns många olika grödor som kan användas för ensilering. Viktigt är att de innehåller tillräckligt med fermenterbara substrat, detta i form av vattenlösliga kolhydrater (WSC), att de har en relativt låg buffringskapacitet och att torrsubstanshalten ligger över 200 g/kg. Grödan ska också vara av en struktur som gör att den snabbt kan packas i silon efter skörd. Då många grödor inte uppfyller alla dessa kriterier kan till exempel förtorkning, hackning och eventuella ensileringsmedel vara nödvändiga komplementeringar (McDonald *et al.*, 1991).

Den viktigaste förändringen i sammansättningen sker då WSC (främst hexoser och fruktaner) omvandlas till organiska syror, framförallt mjölksyra. Vid denna omvandling sker en snabb sänkning av pH som hindrar oönskade organismer att börja växa. Ett väl konserverat ensilage har ofta ett pH-värde liggandes omkring 4 (Wilkinson *et al.*, 2003). Utöver att nå ett lågt, slutligt pH-värde är det också viktigt att sänkningen sker snabbt för att erhålla ett högkvalitativt ensilage (Muck, 1988). Plantans förmåga att stå emot pH-förändringar, det vill säga dess buffringskapacitet, är därför en viktig faktor vid ensileringen. Buffringskapaciteten bestäms efter hur många milliekvivalenter av en bas som behövs för att sänka pH från 6 till 4 i ett kilo torrsubstans av grödan (McDonald *et al.*, 1991). Den gräns för vilket pH som krävs blir högre vid ökad torrsubstanshalt (Woolford & Pahlow, 1998). I en studie gjord av McDonald *et al.* (1973) varierade mängden WSC i färskt gräs mellan 14,8 och 28,3 % av torrsubstansen. Efter ensilering var mängden WSC istället 0,4 till 3,5 % av torrsubstansen och pH varierade mellan 3,8 och 4,3.

Fermentationen av hexoser kan ske antingen av homofermentativa eller heterofermentativa mjölksyrabakterier (Wilkinson *et al.*, 2003). Mjölksyrabakterierna förekommer naturligt på grödan i varierande mängd. Flest mjölksyrabakterier finns det 2 till 4 dagar efter grödan ensilerats då de är ungefär 10^9 stycken, sedan sjunker antalet sakta igen (McDonald *et al.*, 1991). Homofermentativa mjölksyrabakterier (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* och *Enterococcus faecalis*) fermenterar hexos till enbart mjölksyra medan heterofermentativa mjölksyrabakterier (*Lactobacillus brevis* och *Leuconostoc mesenteroides*) fermenterar hexos till mjölksyra men också till andra slutprodukter som exempelvis etanol, ättiksyra och mannitol (McDonald *et al.*, 2002; Wilkinson *et al.*, 2003). Då heterofermentativa mjölksyrabakterier fermenterar enbart en molekyl av den starkaste syran, mjölksyra, så är de mindre effektiva på att sänka pH än vad homofermentativa mjölksyrabakterier är (Wilkinson *et al.*, 2003).

2.2 Förluster av torrsubstans, energi och protein

De förluster som uppstår kan delas in i torrsubstansförluster, energiförluster och proteinförluster. Förluster sker även i bra konserverat foder, det viktiga är att onödiga förluster som kan bli stora undviks. Då aeroba mikroorganismer återfinns i ensilage innebär dessa att varmgång uppstår och att det sker förluster av torrsubstans, energi och näring (Rotz *et al.*, 2003; Rotz, 2003).

Vissa fermentationsreaktioner orsakar inte några torrsubstansförluster alls, men om syretillträde sker under lagringen uppstår torrsubstansförluster då koldioxid produceras. Den mest fördelaktiga fermentationsreaktionen är den då homofermentativa mjölksyrabakterier bildar två mol mjölksyra ($C_3H_6O_3$) från en mol glukos ($C_6H_{12}O_6$). Fermentationsreaktionen, då heterofermentativa mjölksyrabakterier fermenterar en mol glukos till en mol etanol (C_2H_5OH) och en mol koldioxid, innebär torrsubstansförluster på 24,4 % av det glukos som fanns från början. Då jäst fermenterar glukos till etanol och koldioxid blir förlusterna 48,9 % av den torrsubstans som fanns från början. Klostridier använder mjölksyra som substrat och omvandlar denna till smörsyra, koldioxid och vätgas med torrsubstansförluster på 51,1 % av den ursprungliga torrsubstanshalten. Om enbart en homofermentation sker skulle inga

torrsubstansförluster uppstå. Skulle istället all fermentation bidra till etanol eller smörsyra bildas blir förlusterna 5-7 % då tillgängliga, fermenterbara substrat uppgår till 10-15 % av den totala torrsubstansen (Savoie & Jofriet, 2003).

Om entrobakterier förekommer i ensilaget kan dessa fermentera glukos till bland annat mjölksyra, ättiksyra och etanol. Jäst kan i närvaro av syre fermentera glukos till koldioxid och vatten medan de i frånvaro av syre fermenterar glukos till etanol. Det kan innebära betydande förluster av torrsubstans medan förlusterna av energi blir mindre. Detta till skillnad från klostridier som kan fermentera mjölksyra till smörsyra med betydande förluster av både torrsubstans och energi (Rooke & Hatfield, 2003). McDonald *et al.* (1973) sammanställde olika fermentationsvägar och deras omvandlingsförmåga av torrsubstans och energi, se Tabell 1 för teoretiska värden för dessa.

Tabell 1. Olika typer av fermentationsvägar, dess slutprodukter och omvandlingsförmåga av torrsubstans och energi, angett i procent (Modifierad efter McDonald *et al.*, 1973)

Typ av fermentation	Slutprodukter	Torrsubstans (%)	Energi (%)
Homofermentation (glukos)	Mjölksyra	100	99
Heterofermentation (glukos)	Mjölksyra, etanol, CO ₂	76	98
Heterofermentation (fruktos)	Mjölksyra, acetat, mannitol, CO ₂	95	99
Jäst (glukos)	Etanol, CO ₂	51	99
Klostridier (glukos och mjölksyra)	Smörsyra, CO ₂	49	82

Ett ensilage med bra kvalitet har ett lågt pH, låga ammoniak- och smörsyrevärden samt har en hög koncentration av mjölksyra (Gordon *et al.*, 1957). Seibt (1991) såg vid kvalitetsbedömning av ensilage ett samband mellan grönmassans torrsubstanshalt och det färdiga ensilagens pH-värde. I början då pH steg minskade torrsubstansförlusterna, medan förluster snabbt började öka efter att pH nått 4,8. Vidare visade sig ammoniakhalten ha ett nära positivt samband med pH-värdet, då det vid ett stigande pH samtidigt skedde en successiv ökning av ammoniakhalten. Då pH låg mellan 3,7 och 3,8 var ammoniaktalet ungefär 5. Jämfört med senare då pH var 5,1 eller mer, då hade ammoniaktalet ökat till runt 20. Vid pH-värden över 5 ökade mängden kasserat foder, men inga samband mellan ammoniakhalt och torrsubstansförluster eller kasserat foder kunde ses (Seibt, 1991).

Rupell *et al.* (1995) visade på torrsubstansförluster som låg mellan nästan 0 till 43 % med ett medelvärde på 8 %. McDonald *et al.* (1973) undersökte hur mängden torrsubstans och energi skiljde sig åt mellan färskt gräs och ett väl konserverat ensilage. Torrsubstansförlusterna varierade mellan 3,4 och 14 % med ett medelvärde på 7,7 %. Den totala energikoncentrationen visade sig öka med ett medelvärde på 0,7 %. Denna förändring kan förklaras biokemiskt med att de heterofermentativa mjölksyrabakterierna och jäst i frånvaro av syre producerar etanol, vilket resulterar i en höjd energikoncentration då torrsubstansförluster samtidigt sker. De homofermentativa mjölksyrabakterierna har en liten effekt vad det gäller förändringen på koncentrationen av energivärdet. I en väl försluten silo med en anaerob miljö återfår ensilaget således energin som används för fermentering, fast då i en annan form än det som finns i det färska gräset. Därmed skulle det kunna vara mer användbart att använda energiförluster istället för torrsubstansförluster när olika system jämförs (McDonald *et al.*, 1973). I en studie med olika syrebehandlingar visade det sig att relativt stora proportioner (27 och 19 %) av de WSC som fanns i grönmassan från början förlorades genom oxidation (Ruxton & McDonlad, 1974).

Det sker även förändringar av beståndsdelar som innehåller kväve. Dessa förändringar har betydelse för förluster men även en möjlig påverkan på djurhälsan (Whittenbury *et al.*, 1967). Av den totala mängden kväve är 75 till 90 % representerat av protein i den färska grönmassan. Resterande kväve återfinns som bland annat peptider, fria aminosyror och amider. Efter skörden sker en snabb proteolys, det vill säga en hydrolys av peptidbindningarna. Detta kan sänka

proteinhalten, även i ett bra konserverat ensilage, med 50 till 60 % (McDonald *et al.*, 1991). Då proteinet bryts ner frisätts en stor mängd aminosyror (Whittenbury *et al.*, 1967). Om värme uppstår under inläggningen av grönmassan i silon stimuleras proteinnedbrytning på grund av att proteolysen ökar. Om det finns tillräckligt med substrat under ensileringen dominerar mjölksyrabakterier fermentationen. De producerar mjölksyra tills pH sjunker till den nivå där mjölksyrabakterierna inte ökar i antal längre och ensilaget blir stabilt. Skulle däremot substratmängden vara begränsad eller att fermentationshastigheten är låg, kan entrobakterier och klostridietillväxt ske och pH sjunker inte tillräckligt för att ensilaget ska bli stabilt. Detta resulterar i en fortsatt proteolys av proteiner som omvandlas till aminosyror och peptider. I ensilage där entrobakterier och klostridier snabbt förökar sig bryts aminosyrorna ner till ammoniak (NH₃) och vidare till aminer som reducerar det nutritionella värdet på ensilaget (Rooke & Hatfield *et al.*, 2003).

I en studie gjord av Gordon *et al.* (1965) jämfördes sammansättningen i ensilage före och efter lagringen. Den kvävefria fraktionen (NFE) var den minst stabila komponenten. Det visade sig att koncentrationen av råprotein, råfibrer och aska ökade i samtliga ensilage under lagringen. Dessa resultat visade sig hos ensilage som inte hade några pressvattenförluster. Innehåll av socker fanns särskilt i ensilage med låg fuktighet medan karotenvärdena var lägre där än i fuktiga ensilage (Gordon *et al.*, 1965).

Förluster av energi- och råprotein är vanligen något lägre än torrsubstansförlusterna, även om de visat sig vara starkt knuta till varandra (Seibt, 1991). De smältbara kolhydraterna förloras lättast vid respiration. Då detta sker ökar koncentrationen av andra komponenter i fodret. En ökning av råproteinhalten på 1 till 2 % av torrsubstansen förväntas ske, men detta är beroende av råproteinhalten i plantan och torrsubstansförlusterna under lagringen. Förändringar i NDF-innehållet är beroende av hydrolysen av strukturella kolhydrater under lagringen och denna förändring kan sträcka sig från en torrsubstansminskning på 1 % till en torrsubstansökning på 4 % (Rotz, 2003). Seibt (1991) konstaterade att förlusterna av protein var lägre än energiförlusterna oavsett vilken silotyp som användes. Kolhydratsförlusterna är i hög grad smältbara, därav minskar den totala koncentrationen av det smältbara näringsinnehållet med 2 till 7 % torrsubstans (Rotz, 2003).

2.3 Förluster under processen

Att erhålla ett foder med god kvalitet och med minimala förluster är det huvudsakliga målet med ensileringen. En viktig faktor i syfte att uppnå detta mål är en god hantering av fodret (Muck, 1988). Påtagliga förluster sker under skörd, inläggning, lagring och uttagning (Rotz *et al.*, 2003). De huvudsakliga problemen som kan försvåra produktionen av ett högkvalitativt ensilage är respiration, plantornas enzymatiska aktivitet, klostridiafermentation och en aerob mikrobiell aktivitet (Muck, 1988). Då den mikrobiella förstörelsen av ensilage kan pågå obemärkt är det inte ovanligt att en lantbrukare tror sig ha minimala förluster då det egentligen redan skett förluster på 5 till 20 % innan synliga tecken på till exempel mögel ses i fodret (Muck & Holmes, 2000). Förluster som sker under lagringen beror på respiration, fermentation, pressvattenförluster, uttagingsförluster och kasserat foder (McGechan, 1990).

2.3.1 Respiration

Direkt efter skörd och i början av ensileringen sker förändringar i plantan som beror på den fortsatta metabolismen hos plantans celler och från aktiviteten av enzymer (McDonald *et al.*, 1991). När grödan läggs in i silon följer det med syre, hur stor mängden är varierar beroende på hur silon är utformad, plantstrukturen, hacksel längden och hur mycket ensilaget packas. Då en silo förseglas förbrukas syret upp på grund av plantans fortsatta respiration (Rooke & Hatfield, 2003). McDonald *et al.* (1991) definierar respiration som ”en oxidativ nedbrytning av organiska

beståndsdelar för att erhålla användbar energi”. Substratet i oxidationen är vanligtvis hexos som genomgår glykolys innan den anaeroba fasen. Den värme som uppstår vid respiration blir kvar i silon och kan ha en ofördelaktig påverkan på ensileringsprocessen (Rooke & Hatfield, 2003). Under lagringen finns vissa enzymer fortfarande kvar i plantan, dessa kontrollerar respirationen och kan i närvaro av syre bidra till en fortsatt respiration. Trots detta är dock mikroorganismer den huvudsakliga orsaken till en fortsatt respiration under lagringen med förutsättning att tillgång till syre finns. Om dessa organismer finns under lagringsperioden förökar sig dessa efter att silon öppnas på grund av det ökade syretillträdet (McGechan, 1990).

2.3.2 Fermentationsförluster

Fermentationsförluster sker under den period som silon är stängd. De olika fermentationsreaktionerna är olika effektiva, där den homofermentativa reaktionen är mer effektiv än den heterofermentativa reaktionen. Detta på grund av de olika slutprodukterna som bildas under de olika reaktionerna (Savoie & Jofriet, 2003). Det har beräknats att de maximala fermentationsförlusterna ligger runt 4 % av torrsubstansen (Savoie & Jofriet, 2003). Då jäst i närvaro av syre inte bidrar till konserveringen utan enbart konkurrerar med mjölksyrabakterierna om tillgängligt substrat, WSC, är dessa mindre önskvärda än de koliforma bakterierna (entrobakterier) som producerar olika fermentationsprodukter som till exempel mjölksyra, ättiksyra och etanol. På så vis innebär dessa bakterier att det sker en mindre störning av pH än då jäst finns närvarande (Ruxton & McDonald, 1974). I ensilage som inte varit förseglat är mjölksyrekoncentrationen lägre än i ett väl förslutet ensilage och förhållandet mellan mjölksyra och ättiksyra är högre hos ensilage som blir förseglat direkt jämfört med ensilage där förseglingen blivit senarelagd (Bolsen *et al.*, 1993).

2.3.3 Uttningsförluster

Då silon öppnas för utfodring av ensilaget exponeras detta oundvikligen för syre. Efter en tid börjar en mikrobiell tillväxt ske, framförallt är det jäst och ättiksyrebakterier som tolererar den sura miljön. Dessa organismer omvandlar bland annat socker och mjölksyra till koldioxid, vatten och värme. En indikation på att detta sker är att temperaturen i silon ökar. Då syror förbrukas höjs pH i silon och ytterligare mikrobiell aktivitet uppstår, till exempel mögel. Protein bryts ner till NH_3 , som i sin tur leder till en ytterligare pH ökning. Mögel och andra organismer sänker det nutritionella värdet på ensilaget och kan även producera toxiska substanser (Rooke & Hatfield, 2003). Studier som undersökt hur syretillträde påverkar ensileringen har visat på att mjölksyreproduktion kan förekomma även 20 cm från en yta som exponeras för syre (Bolsen *et al.*, 1993; Muck, 1999). Dock betyder inte en normal fermentering att ensilaget i denna region är skyddat från förstörelse i närvaro av syre även om det är oklart hur långt från denna yta som ensilaget har samma aeroba stabilitet som ett väl konserverat foder (Muck, 1999).

2.3.4 Pressvattenförluster

Vattenhalten i den inlagda grönmassan har stor betydelse för hur stora förlusterna blir (Seibt, 1991). I ensilage med lägre torrsubstanshalt händer det att förluster i form pressvatten uppstår. Förekomsten av pressvatten beror på överskott av fukt i grönmassan, tryck, silotyp, hackselängd, användningen av ensileringsmedel samt vilka väderförhållanden det är under skörden (Savoie & Jofreit, 2003). Pressvatten innehåller lösliga näringsämnen som bland annat socker, fermenterbara produkter, lösligt protein och mineraler (Rotz, 2003) som kan utgöra 10 % av torrsubstansförlusterna under förhållanden där fukten överstiger 850 g/kg i plantan. Det är trycket i silon som pressar ur vattnet i grödan och detta kan enkelt lösas genom att förtorka grödan på fältet innan det ensileras eller att skörda vid ett senare mognadsstadium då växten innehåller mindre vatten (Savoie & Jofreit, 2003). Ytterligare en metod kan vara att inkludera en tillsats med hög torrsubstanshalt i grödan så fuktigheten i den totala massan blir lägre (Gordon, 1966). Archibald & Gunness (1944) menar att pressvattenförluster inte bidrar till lika allvarliga

förluster som de tidigare beskrivna typerna, och att god skötsel och hantering kan minska dessa förluster drastiskt.

2.3.5 Kasserat foder

Det foder som efter öppnandet av silon är synbart förstört kasseras (McGechan, 1990). Eftersom beslutet om vilket foder som ska kasseras bygger på mer eller mindre subjektiva bedömningar, påverkar det variationen av kassationsmängderna negativt. Förlusterna vid kassering kan minska något i början av en ökning av pH och ökade ammoniakthal. Vid ett högre pH stiger dock mängderna kasserat ensilage och vid höga pH-värden kan troligen ännu starkare samband mellan pH, ammoniakthal och kasserat foder ses då ammoniakthalen har stor inverkan på ensilagetets kvalitet (Seibt, 1991).

2.4 Förebyggande åtgärder för minskade förluster

Bra silohantering kan minska förlusterna och bibehålla kvalitén på ensilaget (Rotz, 2003). Första grundläggande faktorn som påverkar storleken på förlusterna är om en anaerob miljö uppnås eller inte. För att minska förlusterna är en liten yta av permeabelt material att föredra. Därav bör plansilos och tornsilos ha fasta väggar och ha en så liten yta som möjligt som täcks med plast. Slangar och balar har en mindre ytarea och på så vis blir volymen som tas ut vid ytan större och tiden som ensilaget exponeras för luft mindre. Ju längre tid ensilaget exponeras för luft, desto större blir förlusterna (Holmes, 1998).

Förluster vid uttag minimeras som en funktion av en minskad mikrobiell aktivitet vid ytan av ensilaget och av utfodringshanteringen. Genom att enbart ta ur foder från silon som kan fodras upp samma dag minskas uttagningsförlusterna. Överskottsfodret exponeras för mer luft och detta medför en ökad mikrobiell aktivitet som sänker kvaliteten på fodret. För att göra detta möjligt måste silons storlek vara anpassad så att uttagshastigheten är tillräckligt stor. Det ska finnas marginaler som ger möjligheter att minska uttagningshastigheten om det krävs och fortfarande ha ett tillräckligt stort uttag (Holmes, 1998).

En bra lösning är att ha två eller flera mindre silos så ett tillräckligt stort uttag sker per dag istället för att enbart ha en stor silo. På detta sätt kan även risken för oväntade kvalitetsförändringar som kan påverka djuren vid utfodring minska (Holmes, 1998). På samma vis blir inläggningen i silon lättare att anpassa då varje mindre silo enskilt kan fyllas snabbare än en stor (Muck & Holmes 2000). Ett annat sätt är att ha en tornsilo som huvudsakligt lagringssystem men att komplettera detta med exempelvis slangar eller balar (Holmes, 1998). Genom att bara ta foder som kan fodras upp vid samma tillfälle minskar risken för en aerob mikrobiell förstörelse och varmgång av ensilaget innan det kan användas upp senare (Muck & Holmes, 2000).

2.4.1 Ensileringsmedel

Det har länge använts ensileringsmedel vid ensilering för att minska förlusterna. Dessa tillsatser kan vara antingen fermentationshämmande eller fermentationsstimulerande. De medel som hämmar bidrar till att mikrobiell tillväxt minskas eller inhiberas helt (McDonald *et al.*, 2002). Vanligt är att syror som sänker pH i grödan direkt efter inläggningen används som fermentationshämmande medel (Muck, 1988; McGechan, 1990). Vattenhalten har tillsammans med andelen syra en stor påverkan på klostridieaktiviteten i ensilaget och de i sin tur tar hand om en stor del av de aminosyror som frisätts då proteinet bryts ner i ensilaget strax efter inläggningen (Whittenbury, 1967). Då ensileringsmedel hjälper till att snabbt sänka pH efter det att ensilaget lagts in i silon minskas proteolysen och kväveutnyttjandet blir mer effektivt hos djuren (Rotz, 2003). Myrsyra har länge använts på ensilage som inte är förtorkat för att snabbare nå ett lågt pH och på så vis undvika klostridietillväxt (McGechan, 1990). Ofta resulterar användningen av myrsyra till ett högkvalitativt ensilage, men när det sedan exponeras för luft blir det ofta instabilt.

För att minska mikrobiell tillväxt, såsom jäst och mögel, vid ytan av ensilaget används propionsyra. Då denna syra, som så många andra, är frätande har den blandats med salter i vissa av de kommersiella produkterna (Kung *et al.*, 2003). Ruxton & Gibson (1994) undersökte effekten av att spraya propionsyra på ytan av ensilaget för att minska mikrobiell förstörelse. Detta visade sig vara en ineffektiv metod då propionsyran enbart minskade aktiviteten vid ytan av ensilaget. Syret som inte förbrukades där diffunderade in djupare och en osynlig förstörelse längre in ägde rum.

Fermentationsstimulerade medel kan vara mjölksyrabakterier, sockerrika material och enzymer vars uppgift är att främja utvecklingen av mjölksyrabakterier (McDonald *et al.*, 2002). Bakterier finns naturligt på grödan och genom att tillsätta homofermentativa mjölksyrabakterier vars uppgift blir att dominera ensileringen kan ensilage med en bättre kvalitet erhållas. Några vanliga homofermentativa mjölksyrabakterier som används som tillsats i ensilage är *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentacaceus* och *Enterococcus faecium*. Dessa mjölksyrabakterier har olika egenskaper och ett ensileringsmedel innehåller en eller flera av dessa (Kung, 2001). Genom att tillsätta kolhydrater, exempelvis melass, ökar antalet mjölksyrabakterierna vilket bidrar till en snabbare utveckling av en sur miljö som medför att koliforma bakterier hindras i ett tidigt skede (Kung *et al.*, 2003). Gordon *et al.* (1957) visade att användning av sockerbetor minimerade de totala förlusterna till nästan hälften jämfört med att inte använda något medel alls.

2.4.2 Förtorkning

Hantering av grönmassan under skörd och innan lagring påverkar fodrets kvalitet och förluster. Vanligt är att grödan förtorkas innan den hackas och ensileras. Då grödan förtorkas fortsätter fotosyntesen under en kort tid i de övre lagren av slåttern, dock är det huvudsakligen respiration och proteolys som sker. Respirationen är orsaken till de flesta fysiologiska och metaboliska förlusterna under förtorkningen (Muck *et al.*, 2003). Denna avstannar inte förrän grönmassan befinner sig i en anaerob miljö, har en låg vattenkoncentration eller då respiratoriska substrat inte längre finns tillgängliga (McGechan, 1989).

Wilkinson (1981) visade att torrsubstansförluster orsakade av respiration under förtorkningen kan uppgå till 10 % av de totala torrsubstansförlusterna vid ensilering. Förtorkning påverkar således de totala torrsubstansförlusterna beroende på de större fältförlusterna samt förluster vid uttagningen (Bastiman & Altman, 1985) då en kraftig förtorkning bidrar till ökad känslighet för värmeproduktion. Vid förtorkning speciellt vid torrsubstanshalter över 55 % spelar inte mjölksyrabakterierna en så stor roll i produktionen av kvalitativt ensilage med små torrsubstansförluster (Muck, 1988). Whittenbury *et al.* (1967) menar att förluster av lösliga kolhydrater som sker under förtorkning, orsakad av respiration, kan uppgå till 25 % av de totala kolhydratsförlusterna. Förtorkning påverkar också ensilagens proteinvärde. Verbic *et al.* (1999) visade att ensilage som förtorkats hade bättre proteinvärde än ensilage som inte var förtorkat. Detta beror på att det sker en minskad proteolys av proteinet och ett förtorkat ensilage har således ett lägre innehåll av både ammoniakkväve och fria aminosyror som innehåller kväve (McDonald *et al.*, 2002). Med en väl fungerande mekanisk bearbetning kan förlusterna som sker på fältet minskas och kvaliteten på fodret förbättras genom en minskad respiration och proteolys. Speciellt under bra väderförhållanden då fuktigheten i grönmassan snabbt kan sänkas (Savoie, 2001).

Torrsubstanshalten kan variera mellan olika platser i en silo (Holmes, 1998). Gordon *et al.* (1965) fann att inom ensilage med torrsubstanshalter som ligger mellan 40, 50 och 60 % varierade torrsubstanshalten med 15-20 % beroende på var den mättes. I plansilos och tornsilos med topputtag där mängden vägs ut kan denna variation i torrsubstans bidra till att förhållandet

mellan grovfoder och kraftfoder i djurens foderstater ändras om inte dagliga torrsbstanshalter mäts upp. I dessa system skulle fodret kunna mätas upp i volym istället för vikt då torrsbstanshalten inte är känd (Holter, 1983).

2.4.3 Hackselängd

En viktig faktor som påverkar ensileringen, både för hanteringen och fermentationen, är ensilagens densitet. Densiteten påverkar bland annat kapaciteten hos silon. Där spelar typ av gröda in samt bearbetning och torrsbstanshalt. Genom att hacka ensilaget utesluts luft och en anaerob miljö erhålls lättare. Torrsbstansförlusterna ökar hos ensilage med längre strållängd och som därmed har en lägre densitet (Muck *et al.*, 2003).

Vid hackning av ensilaget sker förluster då grönmassan hackas och plockas upp. Förluster som försvinner iväg med vinden sker då grönmassan hackas och när det ska blåsas upp i vagnen som transporterar grödan till lagringen. Hur stora dessa förluster blir beror bland annat på fuktigheten i grödan, vindförhållandena (Rotz, 2003) samt viken densitet den håller. Förluster då grödan blåses upp i vagnen ligger omkring 1 till 3 % (Muck *et al.*, 2003). Dessa förluster har en väldigt liten påverkan på kvalitén hos det kvarstående fodret. Genom att hacka ensilage med en fuktighet på 60 % eller mer kan förlusterna hållas låga (Rotz, 2003).

2.5 Olika typer av ensileringsystem

Det finns flera olika typer av ensileringsystem. De som oftast används är plansilo, tornsilo, slangar och balar. De olika systemen kräver olika stor arbetsinsats, där plansilo kräver störst arbetsinsats följt av torn och slangar. Minst arbetsinsats kräver balar (Holmes, 1998). Gemensamt för dessa system är att de ska lagra gräs med en tillräckligt hög fuktighet i en anaerob miljö där oönskade mikroorganismer inte kan tillväxa eller föröka sig (Woolford & Pahlow, 1998). Det syre som finns i grödan försvinner snabbt efter inläggning och tillslutning tack vare respiratoriska enzymer i plantan. Syretillträde och luftcirkulation under lagringen undviks då förvaringen förseglas direkt efter inläggningen. Kommer grönmassan i kontakt med syre under lagringen uppstår en mikrobiell aktivitet och fodret kan förvandlas till en oanvändbar och till och med giftig produkt (McDonald *et al.*, 1991).

2.5.1 Plansilo

Plansilos, med eller utan väggar, är ett vanligt förekommande lagringssystem runt om i världen. Hur väl detta lagringssystem fungerar beror mestadels på hur det sköts. Den stora yta som exponeras för luft i en plansilo gör att fyllnadshastighetens måste vara hög för att minska tiden som grönmassan exponeras för luft. Dock måste grönmassan hinna packas ordentligt och detta påverkar hur snabbt inläggningen kan ske (Muck & Shinnors, 2001). En noggrann packning under fyllnaden av silon gör att grönmassan blir tät och detta begränsar syretillträdet under tiden ensilaget lagras. Vanligast är att tunna lager av grönmassan sprids ut i silon och sedan körs över många gånger av en eller flera traktorer (Holmes & Muck, 2000). Traktorns vikt och antalet traktorer är faktorer som påverkar hur snabbt inläggningen kan ske. Vidare spelar grovfodrets struktur in då detta påverkar hur tjockt varje lager av grovfoder blir (Bolsen & Bolsen, 2004). Därefter måste den plast som ska skapa en anaerob miljö vara hel så syretillträde inte sker. När sedan silon ska tömmas måste det ske med en tillräcklig hög uttagningshastighet för att minimera de förluster som uppstår då syre får tillträde till ensilaget efter öppnandet av silon (Muck & Shinnors, 2001). En lämplig torrsbstanshalt i detta lagringssystem är 28-35 % (Slottner, 2010).

Vid försök gjorda mellan 1971 och 1985 på 187 inläggningar i Sverige var det plansilos som visade sig ha de största torrsbstansförlusterna. Dessa förluster uppstod framför allt vid låga torrsbstanser i grönmassan. Vid samma försök framkom att energiförlusterna var större då plansilos används jämfört med tornsilos (Seibt, 1991). Om en plansilo lämnas oskyddad så kan

torrsubstansförlusterna överskrida 60 till 70 %. Vanligaste sättet att försegla silon för minimala förluster är med polyetylen och sedan tynga ner detta med däck (Bolsen & Bolsen, 2004). På grund av uttagningsförluster ska ytan av ensilaget i en plansilo aldrig vara oskyddad mot omgivningen mer än i tre dagar (Clark *et al.*, 2008). Genom att utfodra från plansilos enbart under de kallare månaderna av året kan effektiviteten ökas då utfodring under sommarmånaderna juli och augusti har visat sig orsaka stora förluster vid ytan för uttaget (Holter, 1983). Vid varma sommarkvarnar kan uttag flera gånger per dag minimera förlusterna som annars uppstår vid uttagningen (Clark *et al.*, 2008). Torrsubstansförluster kan minskas med 2,2 % för varje ökning av densiteten med 50 kg/m³. Detta uppnås med en mer intensiv packning (Rupell *et al.*, 1995).

Plansilohanteringen på gårdar har visat på stora variationer i fyllnadshastighet, fyllnadsperiod, packning och densitet på däck som används som tyngder på silon. Dessa variationer i hantering har ett starkt samband med konserveringen av ensilaget där fyllnadshastighet, densitet, partikelstorlek, torrsubstans och yttingelser värderas. Några av variablerna som har ett signifikant samband med hanteringen är ökad ADF-innehåll under lagringen, ammoniakkväve, temperatur och syrestabilitet. Högre packningsintensitet ger ett ensilage med högre densitet, mindre förluster och en bättre syrestabilitet (Rupell *et al.*, 1995).

2.5.2 Tornsilo

Tornsilos är inte lika vanligt förekommande som plansilos. Detta beror förmodligen på den högre investeringskostnaden som krävs, då det annars är ett bra system att lagra grovfoder i. Ytterligare en anledning kan vara den lägre fyllnads- och uttagningshastighet som en tornsilo innebär jämfört med plansilo. (Muck & Shinnars, 2001). Det finns tornsilos med antingen topputtag eller bottenuttag. I en silo med topputtag tas grönmassan ut upptill vilket innebär att denna inte är helt försluten. Detta kräver att uttag sker kontinuerligt då fodret högst upp exponeras för syre. En silo med bottenuttag är försluten upptill och grönmassan tas ur nertill och därmed sker ett begränsat syretillträde i silon (Goode, 1981). Densiteten i tornsilos beror framförallt på höjden och diametern av silon men även fuktigheten på grönmassan. Andra faktorer som kan spela in är fyllnadsmetod, fyllnadshastighet och partikellängd. Fuktigheten ska vara tillräckligt hög för att uppnå tillräcklig densitet men får inte vara så fuktig att grönmassan blir förstörd under sin egen tyngd. Densiteten varierar således mellan 400 kg/m³ högst upp och 1000 kg/m³ i botten av silon (Savoie & Jofreit, 2003). Passande torrsubstanshalt på grödan varierar i detta system från 45 % till att vara direktskördad (Slottner, 2010).

Då fodret i en tornsilo packas av sin egen vikt blir densiteten på ensilaget i en tornsilo som lägst upptill i silon. En tornsilo som fylls långsamt har mer ensilage med låg densitet exponerat för luft en längre tid än vad ett torn som fylls snabbt har. Denna luft förser aeroba organismer med syre och gör även att respirationen i plantan kan fortgå. Vid dessa processer bildas värme. På grund av detta bör en tornsilo fyllas inom tre dagar (Holmes & Muck, 2000). Tornsilos där ensilaget lagras på ett korrekt sätt med en god hantering och där ensilaget kommer till ett rum för utfodring som minimerar förlusterna som annars kan uppstå på grund av vind, kan ha de lägsta uttagsförlusterna av alla system (Clark *et al.*, 2008).

Uttagningsförluster för torn har vid försök på gårdar uppgått till 4,21 % av torrsubstansen. Osynliga förluster (respiration i silon, fermentationsförluster och förluster efter öppnandet av silon) var vid samma försök 6,43 % av torrsubstansen i tornsilos (Bastiman & Altman, 1985). Utöver uttagningshastigheten påverkar porositeten hur stora förlusterna blir. Porositeten bestäms av hur stort gasutrymme det finns mellan ensilagepartiklarna, denna sänks om silo- eller fodringdensiteten ökar (Clark *et al.*, 2008). I större tornsilos är densiteten högre än i mindre silos. Det skulle kunna bidra till att effektiviteten för omvandlingen till utfodringsduglig torrsubstans av

det som från början ensilerats är högst i stora silos (Holter, 1983). Dock innebär en stor silo större förluster (Bastiman & Altman, 1985; Seibt, 1991).

2.5.3 Slangar

Att lagra grovfoder i slangar är en relativt ny teknik jämfört med plansilo och tornsilo. Grönmassan packas in i inplastade tuber som är mellan 1,8 till 3,6 meter i diameter och 30, 60, eller 90 meter långa. Slangar har ökat i popularitet på grund av de låga kostnaderna, möjligheten att skilja ensilage efter kvalitet och den flexibilitet i lagringskapacitet som systemet innebär. Förluster i detta system beror bland annat på uttagningshastigheten, kvaliteten hos plasten som används och densiteten. Densiteten varierar mellan 150 och 200 kg torrsubstans per m³ och uttagningshastigheten, som vid dessa densiteter rekommenderas vara minst 150 till 300 mm per dag, kan vara avgörande för hur stora förlusterna blir. En hög densitet hos ensilaget medför att mängden syre som blir kvar i slangen efter det att den fyllts inte blir så stor. Inte heller blir syretillträdet som sker efter att slangen öppnats, eller om den råkat bli punkterad särskilt hög (Muck & Holmes, 2000). Då grönmassan skall packas i slangen görs detta med en rotor. Packningsrotorn har vid försök visat sig ha en positiv inverkan på ensileringen då grönmassan bearbetas mekaniskt. Det sker en snabbare pH-sänkning som följd av en förändring i strukturen hos grönmassan (Sundberg & Pauly, 2006). Plastens tjocklek ligger oftast mellan 0,2 och 0,3 mm men kan anpassas efter vilket material som ska ensileras. Torrsubstanshalten rekommenderas att ligga mellan 30-40 % (Sundberg & Pauly, 2005).

Muck & Holmes (2006) undersökte förlusterna hos 39 slangar. Torrsubstansförlusterna varierade från -0,3 till 39,9 % med ett medelvärde på 14,6 %. Av dessa 39 slangar hade 6 av dem större förstörelse, medelvärdet för torrsubstansförlusterna utan dessa var 11,6 %. Ett samband mellan stora förluster och förstörd plast kunde identifieras (Muck & Holmes, 2006) där fåglar visat sig vara en orsak till den trasiga plasten som leder till förluster (Rotz, 2003). Även utfodring av ensilage med torrsubstanshalter över 40 % under varma förhållanden visade sig bidra till ökade förluster (Muck & Holmes, 2006).

Pressvattenförluster i slangar har identifierats hos ensilage med torrsubstanshalter som ligger omkring 30 %. Förluster som uppstår vid läckage (pressvatten och gas) har i en studie visat torrsubstansförluster med ett medelvärde på 8,4 %. Torrsubstansförluster beroende på förstört ensilage visade sig i samma studie ha ett medelvärde på 5,8 %. Tillsammans blir då de totala förlusterna 14,2 % i ensilage lagrat i slangar. Högre utfodringshastigheter och högre torrsubstanshalt kan minska gasförlusterna under lagringen (Muck & Holmes, 2001).

Uttag ur slangar sker oftast med en frontlastare och dessa maskiner fungerar inte bra på leriga underlag. Om fodret tappas i leran kan det bli oanvändbart och på så sätt ökar förlusterna i detta system (Muck & Holmes, 2000). Slangar rekommenderas ha ett uttag på minst 30 cm/dag för att minimera förlusterna. Om torrsubstanshalten ligger mellan 30 och 40 % vid skörd och om slangen packas med en hög densitet med rutinemässiga kontroller av plasten för att upptäcka och laga hål kan förlusterna minimeras ytterligare (Muck & Holmes, 2006). Vissa använder sig av kedjor eller rep som dras åt över slangen nära där uttaget skett för att minimera mängden ensilage som kan komma att bli exponerat för luft i samband med uttag (Clark *et al.*, 2008).

2.5.4 Balar

Inplastade balar, både runda och fyrkantiga, är också en relativt ny teknik att ensilera grovfoder på (Muck & Shinnars, 2001). Det är ett system som passar bra för mindre gårdar och har lägre investeringskostnader än vad exempelvis en plansilo har (McDonald *et al.*, 1991). En rundbal är ungefär 1,2 meter i diameter (Savoie & Jofriet, 2003) Även balar drabbas av lagringsförluster samt att en dålig fermentering kan vara ett problem. Då ensilaget i balar inte är hackat (Muck &

Shinners, 2001) så behöver ensilaget ha en torrsubstanshalt på 40 till 60 % (Slottner, 2010), vilket är 5 till 10 % högre än hackat ensilage för att undvika klostridietillväxt (Muck & Shinners, 2001). Då ensilaget är förtorkat har det ett högre pH och blir det då ett hål i plasten är ensilaget mer utsatt för patogena bakterier vilket kan medföra att detta det måste kastas (Woolford, 1990). Då de 10 yttersta centimetrarna utgör 30 % av vikten av en rundbal (Wilkinson, 1999) blir förlusterna stora om detta problem uppträder. Positivt med balar är att de utfodras direkt efter att de öppnas och att förluster efter öppnandet därför blir minimala (Muck & Shinners, 2001).

Vanligt förekommande problem är att små hål i plasten uppstår, antingen på grund av dålig hantering eller att till exempel fåglar pickar hål på den. Förstört foder och överskotts-förluster blir följderna av det (Rotz, 2003). Borreani & Tobacco (2006) undersökte hur stora torrsubstansförlusterna blev vid balensilering då nya balpressar med förhackare användes. Dessa påstods höja densiteten i balar och att det i sin tur skulle bidra med en förbättrad fermentation med lägre förluster. Torrsubstansförlusterna visades sig bli 1,0 till 4,7 % då de nya balpressarna med förhackare användes och 0,5 till 2,0 % då de inte användes. Det framkom att torrsubstansförlusterna var direkt proportionella till torrsubstanshalten i grönmassan då den balades och att förlusterna i princip dubblades då hackelsesystemet användes (Borreani & Tobacco, 2006).

3. MATERIAL OCH METOD

De system som undersöktes i denna studie var tornsilo, plansilo, slangar och balar vid Sveriges Lantbruksuniversitetets (SLU) forskningscentrum Kungsängens gård, Uppsala. Två tornsilos, Torn 140 och Torn 139, av märket Harvestore var 16,8 meter höga och 6 meter i diameter och hade en volym på 475 m³ (Harvestore). Plansilorna, Plansilo 121 och Plansilo 122 var 27 meter långa, 5,2 respektive 5,1 meter breda och 2,20 meter höga och deras kapacitet var 312 m³. Under försöket lades också grovfoder in i fyra slangar. Slangarna var av storleken 8 fot och hade en varierande längd. Slangarna 1 och 2 var 60 meter långa, Slang 3 var 80 meter lång och Slang 4 var 20 meter lång. Utöver dessa system analyserades 65 balar som hade en genomsnittlig höjd på 1,23 meter och vägde i genomsnitt 450 kilo styck.

3.1 Invägning

Då 2009 års skörd av grovfoder på Ultuna ägor skulle lagras i respektive ensileringssystem vägdes först samtliga lass med grovfoder på en fordonsvåg (Flintab AB, Jönköping, Sweden, 2010) belägen på Kungsängens forskningscentrum och denna kalibreras årligen innan användning och har en noggrannhet på plus minus 50 kg vid de laster som är aktuella. Grönmassan fraktades från fältet till Kungsängens forskningscentrum med tre olika ekipage. Det första ekipaget var en traktor av märket Mag och tillhörande vagn 2 med en taravikt på 14,71 ton. Det andra ekipaget var en traktor av märket Ford och tillhörande vagn 4 med en tara vikt på 14,69 ton. Det sista ekipaget var en traktor av märket John Deere och tillhörande vagn ”utne” med en tara vikt på 12,14 ton. Efter att grönmassan blivit vägd togs från samtliga lass ett prov. Dessa prov slogs ihop, där fem prover fick ett gemensamt analysnummer och senare analyserades tillsammans som ett prov. Då provet var taget lades grönmassan in i respektive lagringssystem.

3.1.1 Plansilo

De två plansilos som användes i denna studie rymmer lika mycket, dock lades mer grönmassa in i Plansilo 122 än vad som gjordes i Plansilo 121. I Plansilo 122 lades grönmassa från första skörden in. Inläggningen påbörjades den 8/6 2009 klockan 15.10 och pågick fram till klockan 19.16 samma dygn. Plansilo 121 fylldes med grönmassa från den andra skörden. Inläggningen påbörjades den 29/7 klockan 09.55 och pågick fram till 11.48 där ett uppehåll togs. Ytterligare tre lass lades in senare samma dygn, 15.55, 16.42 och 16.56. Grönmassan var gräs/klöver som slagits

med slätterkross och förtorkats ett dygn i orörd sträng på fält. Därefter togs grönmassan med hackvagn och lades in i respektive silo där packningen skedde med en 6 tons traktor. Promyr användes som tillsatsmedel i både Plansilo 121 och Plansilo 122. Därefter täcktes systemen med plastfolie som hängde längs väggen och veks in mot mitten av silon när denna var full. Därefter lades ytterligare ett plastlager ovanpå och slutligen täcktes silon med lättpresenning och däcksidor.

3.1.2 Tornsilo

De två torn som analyserades i denna studie innehöll båda gräsenilage från första skörden. Gräset slogs med slätterkross och torkades ett dygn i orörd sträng på fält och tog sedan med en hackvagn. Inläggningen i Torn 140 började klockan 09.00 på morgonen den 28/5 2009. Fyllnaden pågick en timme och avslutades sedan på grund av regn och återupptogs den 29/5 klockan 10.40 på förmiddagen och pågick till 19.10 på kvällen samma dygn. Torn 139 började fyllas klockan 09.00 den 8/6 2009. Sedan pågick inläggningen fram till klockan 14.50 där ett uppehåll togs fram till klockan 19.27. Inläggningen slutfördes klockan 20.25. Torn 140 fylldes med en större mängd ensilage än Torn 139 men de båda tornen var av samma storlek. Tornen fylldes till en ungefärlig höjd på 15 meter. Varje silo täcktes med en plastmatta och en vattenfylld slang runt kanten. Som tillsatsmedel i de bägge tornen användes Promyr.

3.1.3 Slangar

Slang 1 innehöll ett gräsenilage från andraskörd som förtorkades innan inläggning där separat data över mängden grönmassa som lades in i slangens noterades då den fylldes. Inläggningen påbörjades den 29/7 2009 klockan 12.00 och pågick fram till klockan 16.30 samma dygn. Gräset slogs med slätterkross och torkades ett dygn i orörd sträng på fält och togs sedan med hackvagn. Slang 2-4 redovisas tillsammans eftersom inga separata noteringar fördes över vilken mängd som lades in i respektive slang. Utifrån vikt korten kan det dock ses hur mycket grönmassa som lades in i dessa slangar tillsammans. Inläggningen påbörjades den 30/7 klockan 13.50 och pågick fram till klockan 21.15 samma dygn. Slang 2-4 innehöll havre, ärt och vete som var direktskördat. Samtliga slangar lades på en plan, asfalterad yta belägen på gården.

3.1.4 Balar

Samtliga balar innehöll gräsenilage från andraskörd. Den 20/7 2009 skördades vallen och sedan förtorkades grönmassan fram till lunch den 22/7 2009 utan att strängen vändes och pressningen av balarna påbörjades tidig eftermiddag samma dygn. Balarna placerades på en asfalterad lagerplats där ballagret täcktes med ett fågelnät. De 65 balarna som användes i denna studie var med i ytterligare ett försök där effekten av antalet lager plast undersöktes och således varierade antalet lager plast hos balarna i detta försök mellan 2,4 och 6 lager. Plasten som användes var 25 mikrometer sträckfilm och balarna pressades med en kombinerad press och inplastare. Prov för kemisk analys togs ur 8 balar i samband med pressningen, jämnt fördelade under pressningstiden.

3.2 Utvägning

I november 2009 påbörjades utfodringen av det ensilage som lades in under vår och sommar 2009. Fodret gick antingen direkt med fodervagn ut i ladugården eller så vägdes det i lådor med storleken 1,8 gånger 1,0 gånger 1,2 meter vars bruttovikter var kända. Lådan med fodret vägdes med hjälp av en motviktstruck på lastceller (Intertechnology Inc., Toronto, Kanada). Efter vägningen räknades nettovikten ut genom att dra av taravikten från bruttovikten. Vikter på utvägt grovfoder från respektive silos fördes in i ett protokoll som fanns i trucken. För det foder som gick direkt ut i ladugården med fodervagn fördes data över konsumerat foder hos korna och kasserat foder som ej konsumerats och vikten utvägt foder kunde erhållas.

3.2.1 Plansilo

Utvägningen ur Plansilo 121 påbörjades 17/3 2010 och avslutades 21/5 2010. Ur Plansilo 122 började utvägningen 28/10 2009 och avslutades 11/12 2009. Ensilage från Plansilo 121 och Plansilo 122 vägdes i lådor med storleken 1,8 gånger 1,0 gånger 1,2 meter vars bruttovikt var känd. Uttaget skedde med en varierad hastighet där det som mest gick fem dagar mellan utvägningarna i Plansilo 121 och som mest sex dagar i Plansilo 122. Samtliga vikter för det uttagna ensilaget antecknades i ett protokoll innan det utfodrades. I vardera plansilo lämnades en större mängd ensilage kvar som kasserades. Denna mängd vägdes på samma vis som då ensilaget togs ut för utfodring. Prov för kemisk analys samlades i samband med utfodringen.

3.2.2 Tornsilo

Utvägningen ur Tornsilo 139 påbörjades 11/1 2010 och avslutades 8/7 2010. Ensilage från Torn 139 utfodrades med fodervagn direkt från tornet. UVägd mängd ensilage från Torn 139 beräknades därför utifrån konsumerat och kasserat foder. Data på vad samtliga kor konsumerat användes samt att listor fördes över mängden kasserat foder, det vill säga allt foder som tilldelats korna men som de inte konsumerat. Korna utfodrades i 20 tråg där mängden kasserat foder vägdes var för sig. Listor över vilka datum som vilket tråg fylldes med ensilage från Torn 139 noterades. Utvägningen ur Torn 140 påbörjades 2/2 2010 och avslutades 11/7 2010. Från Torn 140 mixades en del av ensilaget innan utfodring med ensilage från balar. Då vägdes det ut i lådor innan utfodring där samtliga vikter noterades i ett protokoll. En annan del utfodrades med fodervagn direkt från tornet och då beräknades utvägd mängd utifrån konsumerat och kasserat foder genom samma princip som hos Torn 139. Prov för kemisk analys samlades i samband med utfodringen.

3.2.3 Slangar

Utvägningen ur Slang 1 påbörjades 10/11 2009 och avslutades 28/4 2010. Uttagningshastigheten varierade och som mest gick det sex dagar mellan utvägningarna. Ur slang 2 påbörjades utvägningen 10/11 2009 och avslutades 21/5 2010. Uttagningshastigheten varierade och som mest gick det sex dagar mellan utvägningarna. Ur Slang 3 påbörjades utvägningen 18/12 2009 och avslutades 22/4 2010. Uttagningshastigheten varierade och som mest gick det 13 dagar mellan utvägningarna. Utvägningen ur Slang 4 påbörjades 11/11 2009 och avslutades 17/12 2009. Uttagningshastigheten varierade och som mest gick det tre dagar mellan utvägningarna. Ensilage vägdes i lådor med storleken 1,8 gånger 1,0 gånger 1,2 meter och vars bruttovikt var känd. Då ensilaget vägdes ut antecknades vikterna från de olika slangarna var för sig, men då resultatet sedan räknades samman redovisas Slang 1 för sig medan slangarna 2, 3 och 4 slogs ihop och redovisas som en gemensam slang. Detta beror på att det inte fördes anteckningar över hur mycket grönmassa som lades in i respektive slang under inläggningen. Prov för kemisk analys samlades i samband med utfodringen.

3.2.4 Balar

Den 28-29/10 2009 bröts försöket som denna studies balar även ingick i. Innan balarna kläddes av genomfördes en besiktning av eventuella skador på plasten. Sedan vägdes och provtogs alla balarna för densitetsberäkning och viktsförluster. Viktsförlusterna bestämdes genom att ta skillnaden mellan balens vikt vid inläggning och balens vikt vid försökets brytning. Sex stycken borrhov togs ur samtliga balar för kemiska analyser.

3.3 Kemiska analyser

3.3.1 Grönmassa

Från samtliga lass av ingående grönmassa togs ett prov. Fem prover slogs ihop och fick ett gemensamt analysnummer, A-nr. Dessa prover frystes in och senare gjordes en analys på grönmassan. Vid provprepareringen förbereddes grönmassan för prov på färsk grönmassa och torkat prov.

För-ts utfördes genom att väga provet efter 16-18 timmars torkning vid 65 °C. Proven maldes sedan i 1 millimetersåll och förvarades i plastburkar för vidare analyser. För att erhålla värden på torrsubstanshalten krävs att provet torkas ytterligare tills det är absolut torrt. Denna efter-ts utfördes i 103 °C under 16-18 timmar. Torrsubstanshalten bestämdes genom att multiplicera för-ts med efter-ts. Genom VOS-metoden, våmvätskelöslig organisk substans, bestämdes energivärdet i de olika proverna. Denna analys gjordes på det torkade provet från provprepareringen. Proteinvärdet för proverna bestämdes genom att analysera mängden råprotein i det färska provet.

3.3.2 Ensilage

På liknande vis gjordes analyser för det färdiga ensilaget torrsubstanshalt, energi- och proteinhalt. Prover på ensilaget samlades in under den tidsperiod som de olika systemen stod öppna och utfodring skedde. Proverna slogs ihop och fick ett gemensamt analysnummer, A-nr. Ensilaget förbereddes för prov på färskt ensilage, torkat prov och pressvatten.

Likt proverna på grönmassan bestämdes både för-ts och efter-ts och på så vis kunde torrsubstanshalten i ensilaget räknas ut. Torrsubstanshalten korrigerades här med 1,4 för att kompensera för flyktiga ämnen (Lingvall & Ericsson, 1981). Även energi- och proteinvärden i ensilaget bestämdes utifrån samma analyser som den på grönmassan. På ensilage från vissa system analyserades enbart torrsubstanshalten då prov för andra analyser inte gjordes. Då torkades insamlade prover till för-ts och utifrån detta värde bestämdes torrsubstanshalten.

4. RESULTAT

4.1 Inlagd grönmassa

Utifrån de viktskort som fördes när ensilaget lades in sommaren 2009 och efter resultaten från de analyser på proven som gjordes finns data över inlagd grönmassa sammanställd i Tabell 2. Torrsubstanshalten bestämdes vid de kemiska analyserna och inlagd vikt torrsubstans är beräknad utifrån denna. Sammanlagt lades 1 317,4 ton grönmassa in i de olika systemen vilket motsvarar 414,3 ton torrsubstans.

Tabell 2. Data från viktkort över skördat grovfoder 2009, inlagt i olika ensileringsystem samt vikten då korrigering av torrsubstans (ts) är gjord. Samtliga vikter anges i kilo

Antal lass	Datum	Skifte	System	Vikt (grönmassa)	Antal Analyser	Ts (%)	Vikt (ts)
24	28-29/5	Säby 2	Torn 140	286 600	5	25,8 - 32,4	82 420
22	8/6	Säby 2	Torn 139	206 450	5	31,1 - 38,5	69 550
6	8/6	K-n 3	Torn 139	53 020	2	34,0 - 35,0	18 500
20	8/6	K-n 3	Plansilo 122	165 060	4	38,3 - 42,6	65 600
15	29/7	Säby 2	Plansilo 121	119 220	3	30,4 - 37,0	39 770
15	29/7	Säby 2	Slang 1	143 720	6	28,4 - 36,4	46 540
3	30/7	L Dj havre	Slang 2-4	42 040	2	26,7	11 220
12	30/7	L Dj ärt	Slang 2-4	149 270	6	21,0 - 21,4	31 640
3	30/7	K-bro havre	Slang 2-4	43 820	2	24,1	10 560
7	30/7	K-n 1	Slang 2-4	78 800	2	24,9 - 27,0	20 520
65	22/7	Säby 2	Balar	29 370	8	61,2	17 970

Torrsubstanshalten angett i procent redovisas i tabellen med vilket intervall som den låg inom. Då torrsubstansvikten beräknades tillämpades de torrsubstansanalyser som hörde till våtvikten för respektive lass och beräkningarna är gjorda utefter dessa. För samtliga system förutom slangarna 2, 3 och 4 anges hur mycket grönmassa som lades in i respektive system. Slang 2-4 redovisas som en gemensam slang.

4.2 Utvägt foder

I november 2009 började uttag att ske från de olika systemen och detta pågick sedan kontinuerligt fram till sommaren 2010. För datum då uttag påbörjades samt avslutades, se Tabell 3. Där redovisas vikten för ensilaget samt korrigerade värden då torrsubstanshalten tagits i beaktning.

Tabell 3. Datum då uttag i respektive tornsilo, plansilo och slang påbörjades samt datum så lagringssystemet var tomt på foder. Samtliga vikter anges i kilo

Ensileringsystem	Påbörjat uttag	Avslutat uttag	Vikt (ensilage)	Antal Analyser	Ts (%)	Vikt (ts)
Tornsilo 139	11/1-2010	8/7- 2010	186 020	8	33,7-40,3	66 630
Tornsilo 140	2/2-2010	11/7- 2010	193 320	6	30,7-34,5	61 90
Plansilo 121	17/3-2010	21/5- 2010	98 840	3	27,4-29,1	28 170
Plansilo 122	28/10-2009	11/12- 2009	140 770	4	33,0-36,9	48 400
Slang 1	10/11-2009	28/4- 2010	119 820	13	28,0-37,3	36 440
Slang 2	10/11-2009	21/5- 2010	107 900	13	24,8-27,8	29 160
Slang 3	18/12-2009	22/4- 2010	84 650	3	25,3-25,7	21 550
Slang 4	11/11-2009	17/12- 2009	37 520	2	26,8-27,5	9 850
Balar	28/10-2009	29/10-2009	29 130	6	~61,2	17 830

I tabellen redovisas torrsubstanshalten i procent. Då torrsubstansvikten beräknades har respektive periods variation av torrsubstanshalt tagits i beaktning.

4.3 Plansilo

4.3.1 Plansilo 121

I Tabell 4 redovisas inlagd mängd grönmassa och uttagen mängd ensilage ur Plansilo 121, vilket inkluderar både ensilage som utfodrads och ensilage som kasserats. Förluster av torrs substans som uppstått under lagring och uttagning redovisas också Tabell 4. Förluster av protein och energi från ensilaget i Plansilo 121 redovisas inte då analyser på detta inte gjordes.

Tabell 4. Sammanställda resultat för Plansilo 121. Uttagen mängd inkluderar även kasserat foder

	Förluster	
	Kg ensilage	Kg ts
Inlagd mängd	119 220	39 768
Uttagen mängd	98 842	28 170
Viktsförlust	20 378	11 598
Förlust (%)	17,1	29,2

4.3.2 Plansilo 122

I Tabell 5 redovisas inlagd mängd grönmassa och uttagen mängd ensilage ur Plansilo 122, vilket inkluderar både ensilage som utfodrads och ensilage som kasserats. Även förluster av torrs substans, energi och protein som uppstått under lagringen redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Sammanställda resultat för Plansilo 122. Uttagen mängd inkluderar även kasserat foder

	Förluster			
	Kg ensilage	Kg ts	Kg protein	MJ ME
Inlagd mängd	165 060	65 600	8264,6	731 458,8
Uttagen mängd	140 774	48 402	6903,1	556 602,9
Viktsförlust	24 286	17 198	1361,5	174 855,9
Förlust (%)	14,7	26,2	16,5	23,9

4.4 Tornsilo

4.4.1 Tornsilo 139

I Tabell 6 redovisas mängden inlagd grönmassa och uttagen mängd ensilage ur Tornsilo 139 samt förluster av torrs substans, energi och protein som uppstått under lagringen. Uttagen mängd inkluderar hur mycket ensilage som korna konsumerat som utfodrades med fodervagn samt hur mycket ensilage som kasserats från de tråg där ensilage från Torn 139 utfodrads.

Tabell 6. Sammanställda resultat för Tornsilo 139. Uttagen mängd inkluderar även kasserat foder

	Förluster			
	Kg ensilage	Kg ts	Kg protein	MJ ME
Inlagd mängd	259 470	88 044	11 759,0	993 387,8
Uttagen mängd	185 752	66 633	8 916	772 245,3
Viktsförlust	73 718	21 411	2 843	221 142,5
Förlust (%)	28,4	24,3	24,2	22,3

Ett metanförsök pågick under utfodringsperioden. Till det försöket togs ensilage ur Torn 139 men den exakta vikten noterades inte. Uppskattningsvis togs 600 kg torrs substans ut vilket motsvarar 1734 kg ensilage då torrs substansen var 34,6 % vid tidpunkten för uttaget. Även 80,4 kg

protein och 7020 MJ energi togs ut vid samma tillfälle. Dessa mängder redovisas i Tabell 6 och är inräknade i uttagen mängd av respektive parameter.

4.4.2 Tornsilo 140

I Tabell 7 redovisas mängden inlagd grönmassa och uttagen mängd ensilage ur Tornsilo 140 samt förluster av torrsubstans, energi och protein som uppstått under lagringen. Uttagen mängd inkluderar utvägt ensilage som vägdes i lådor innan det mixades, ensilage som korna konsumerade som utfodrades direkt med fodervagn samt kasserat ensilage från de tråg där ensilage från Torn 140 utfodrats.

Tabell 7. Sammanställda resultat för Tornsilo 140. Uttagen mängd inkluderar även kasserat foder

	Förluster			
	Kg ensilage	Kg ts	Kg protein	MJ ME
Inlagd mängd	286 600	82 415	13 235,2	985 911,5
Uttagen mängd	193 317	61 897	10 004,8	735 541,3
Viktsförlust	93 283	20 518	3230,4	250 370,2
Förlust (%)	32,5	24,9	24,4	25,4

Sammanlagt utfodrades 69 564 kg ensilage ur Torn 140 men då 2010 års skörd skulle lagras fanns det ensilage från skörden 2009 kvar i silon. En uppskattning gjordes på hur mycket kvarlämnat ensilage som fanns kvar i Torn 140 och den uppskattade vikten var 2551 kg ensilage. Denna mängd finns inräknad för ensilage- och torrsubstansförluster i Tabell 7 men inte för energi- och proteinförluster. Uppskattningen gjordes utifrån mätningar med borr på 11 ställen i silon där densiteten uppmättes att vara i medeltal 185,1 kg ts/m³ och torrsubstanshalten 33,5 %.

4.5 Slangar

4.5.1 Slang 1

Sammanställda resultat för Slang 1 finns i Tabell 8 där inlagd mängd grönmassa och uttagen mängd ensilage kan ses, där både utfodrat och kasserat ensilage är inräknat. Här redovisas även förlusterna av torrsubstans, energi och protein.

Tabell 8. Sammanställda resultat för Slang 1. Uttagen mängd inkluderar även kasserat foder

	Förluster			
	Kg ensilage	Kg ts	Kg protein	MJ ME
Inlagd mängd	143 720	46 539	6195,6	485 797,9
Uttagen mängd	119 822	36 436	4782,7	378 836,1
Viktsförlust	23 898	10 103	1412,9	106 961,8
Förlust (%)	16,62	21,7	22,8	22,0

4.5.2 Slang 2-4

I Tabell 9 ses mängden inlagd grönmassa och uttaget ensilage i Slang 2-4 samt förlusterna av torrsubstans, där både utfodrat och kasserat ensilage är inräknat. Dock redovisas inte förlusterna av energi och protein då analyser på uttaget ensilage inte gjordes. Mängden uttaget ensilage från slangarna 2,3 och 4 separat finns redovisade i Tabell 3.

Tabell 9. Sammanställda resultat för Slang 2-4.
Uttagen mängd inkluderar även kasserat foder

	Förluster	
	Kg ensilage	Kg ts
Inlagd mängd	313 930	73 940
Uttagen mängd	230 072	60 558
Viktsförlust	83 858	13 382
Förlust (%)	26,7	18,1

4.6 Balar

Sammanställda resultat över inlagd mängd grönmassa och uttagen mängd ensilage från de 65 balarna samt förluster av torrs substans kan ses Tabell 10.

Tabell 10. Sammanställt resultat för de 65 balarna

	Förluster	
	Kg ensilage	Kg ts
Inlagd mängd	29 370	17 970
Uttagen mängd	29 130	17 830
Viktsförlust	240	140
Förlust (%)	0,8	0,78

Förluster som uppstått under ensileringen kan ha blivit påverkade av att balarna var med i ytterligare ett försök och bland annat var inplastade i en varierande mängd plast. Dock vägs inte de olika behandlingarna in i resultatet för denna studie. Eventuellt kasserat ensilage vid utfodringen har inte heller tagits i beaktning.

5. DISKUSSION

I denna studie kan en skillnad ses mellan de system som har en uttagningsperiod som sträcker sig över en längre tidsperiod jämfört med det system där varje enhet utfodras direkt. Plansilo, tornsilo och slang hade större förluster av både ensilage och torrs substans än vad balar hade. En faktor som kan ha påverkat resultatet i denna studie är att aktuell gård är en försöksgård där foderförsök pågår kontinuerligt, vilket kan bidra till att det under perioder blir ett minskat uttag ur en silo om en del av besättningen tilldelas grovfoder från ett annat system. Muck & Shinnars (2001) menar att de förluster som uppstår då syre får tillträde till ensilaget kan minimeras med en tillräckligt hög uttagningshastighet då silon ska tömmas. Genom att fodra från enbart ett system i taget skulle förmodligen förlusterna kunna bli betydligt lägre än vad som presenteras i denna studie.

Seibt (1991) visade att plansilo hade både större torrs substansförluster och energiförluster än tornsilo. Den studie som presenteras här är i likhet med den Seibt presenterade 1991 utförd i Sverige och visar på genomsnittligt högre torrs substansförluster hos plansilo än hos tornsilo. Torrs substansförlusterna hade hos plansilo ett genomsnittligt värde på 27,7 % medan motsvarande värde hos tornsilo låg på 24,6 %. Energiförlusterna i innevarande studie var något större hos tornsilo än hos plansilo vilket skiljer sig från de resultat Siebt (1991) presenterade. Då var energiförlusterna större hos plansilo än hos tornsilo.

I de två plansilos som användes under försöket lämnades ensilage kvar i silon som aldrig fodrades upp. Detta foder kasserades och bidrog till en viss del till de höga förluster som redovisas i detta system. Under perioden då uttag skedde uppstod varmgång i Plansilo 122. Detta innebar att 29 504 kg ensilage kasserades. Med en ungefärlig torrs substanshalt på 33 % hade förlusten av torrs substans minskat från 26,2 % till 11,4 % i Plansilo 122 om inte ensilage kasserats på grund av

varmgång. I slutet av utfodringsperioden i Plansilo 121 konstaterades mögel i ensilaget och kvarvarande mängd kasserades. Denna mängd uppgick till 14 440 kg ensilage. Förlusten av torrsubstans i Plansilo 121 uppgick till 29,2 % då mängden kasserat foder vägts in i förlusterna. Om inte detta ensilage kasserats blir torrsubstansförlusten istället 18,8 % om torrsubstanshalten antas vara den samma som hos det utfodrade ensilaget, det vill säga på 28,5 %. Dessa siffror visar tydligt hur hanteringen av grovfodret kan inverka på mängd kasserat foder. Hade en tillräckligt hög uttagningshastighet tillämpats skulle det förmodligen gått att undvika att varmgång uppstod och förlusterna i detta system hade blivit betydligt lägre.

Plansilo lagrar stora mängder grovfoder i varje enhet och dess innermått måste vara tillräckligt stora för att de maskiner som packar grönmassan vid inläggningen ska få plats. Detta bidrar till att detta system lämpar sig bättre till större gårdar som lyckas hålla uttagshastigheten tillräckligt hög när grovfodret ska utfodras. Det bör också finnas en marginal om det blir ett tillfälligt bortfall i besättningen. För de gårdar där en plansilo blir för stor kan slangar vara ett alternativ. I denna studie var den genomsnittliga torrsubstansförlusten 19,9 % hos slangarna vilket är lägre jämfört med både plansilo och tornsilo.

Skillnad kan ses mellan Slang 1 som innehöll ett förtorkat gräsenilage och Slang 2-4 som innehöll ett direktskördat ensilage. Förlusten av kg ensilage var betydligt större, 26,7 % för Slang 2-4 än för Slang 1 som hade en förlust på 16,62 %. Då de stora förlusterna ses hos det system som innehåller det direktskördade ensilaget med lägre torrsubstanshalt, antas denna skillnad i förlust bero på pressvattenförluster. Därav borde torrsubstanshalten spela en betydande roll även i detta system. Då diametern på en slang ofta ligger mellan 1,8 till 3,6 meter kan en gård med en mindre besättning lyckas hålla ett tillräckligt högt dagligt uttag. Även möjligheten att kunna skilja ensilage efter kvalité och dess lagringskapacitet gör systemet flexibelt (Muck & Holmes, 2000). Spill vid uttagningen torde vara ett problem då det sker maskinellt. Underlaget har en stor betydelse då lagring av ensilage sker i slang då ett lerigt och mjukt underlag försvårar uttagningen. Slang fylld med rundbalar som enbart har nät runt sig är ett alternativ som gör att det går åt mindre plast än då man använder balar som plastas en och en. Dock har platsen där man placerar slangens med rundbalar större betydelse än då man hanterar balar en och en eftersom en plan yta med hårt underlag bör användas. Men med tanke på att ensilaget är pressat och hålls samman med nät så borde förlusterna av spill bli lägre om denna metod används än då slangens fylls med icke pressat och balat ensilage.

Balar var det system med minst förluster i denna studie. Balarna hade en genomsnittlig torrsubstanshalt på ungefär 60 % medan ensilaget i övriga system höll betydligt lägre torrsubstanshalt, 25-35 %. Denna högre torrsubstanshalt kan bidra till lägre förluster då mängden pressvatten som kan lämna systemet är betydligt mindre än hos balarna än de övriga systemen. Den torrsubstansförlust på 0,78 % som redovisas har beräknats på vikt förluster som korrigerats med dess torrsubstanshalt. Dock är inte kasserat foder medräknat i denna studie. Detta beroende på att de balar som ingick i denna studie även användes i ytterligare försök. Samtliga balar öppnades alla vid ett och samma tillfälle i början av vintern och vägdes. Sedan plastades de om och utfodrades en och en under vintern. Då förlusterna i detta system är beräknade utifrån de viktsnoteringar som gjordes i början av vintern är detta en felkälla som påverkat resultatet för denna studie. Hade även kasserat foder räknats med här hade förlusterna för balarna förmodligen blivit större än vad som redovisas nu. Balarna är även det enda system där all grönmassa som vägdes in även återvägdes som ensilage, detta då balarna vägdes som hela enheter. I övriga system vägdes ensilaget löst, förlorad mängd ensilage blir då större då det riskerar att falla bort under de olika hanteringssteg som utvägningen innebär.

Hos plansilo, tornsilo och slangar får en större mängd foder kasseras om det väl uppstår exempelvis varmgång än om det uppstår i en bal då denna mängd alltid är begränsad till just den

drabbade enheten. Av denna anledning är balar en lagringsmetod som kan upplevas som mindre riskabel. Dock finns risken med exempelvis fågelangrepp på plasten som kan bidra till att många balar inte får en syretät lagring och på så vis kan kasserat foder i detta system också bli kännbart Huhnke *et al.* (1997) presenterade ensilageförluster hos balar som låg mellan 0 % och 2 %. Torrsubstansförlusten bestämdes i den studien utifrån råproteinhalten och koncentrationen av ADF och låg då mellan 2,4 och 11,7 %. I denna studie presenteras enbart torrsubstansförluster för balarna då kemiska analyser inte togs för energi och protein.

I denna studie redovisas det för några av systemen både torrsubstansförluster, energiförluster och proteinförluster. I vissa system redovisas enbart torrsubstansförlusterna. Detta beror på att ensilage från dessa system utfodrades innan denna studie påbörjades. Då hade uttagen mängd noterats men prov för kemiska analyser fanns inte sparade. Hos de system där alla parametrar mättes kan en skillnad ses inom varje system mellan respektive typ av förlust. Mest skiljer sig kg ensilage från övriga parametrar. Hos Slang 1 och Plansilo 122 var förlusterna av kg ensilage betydligt lägre än övriga uppmätta parametrar. Omvänt förhållande kan ses hos Tornsilo 139 och Tornsilo 140. Där var förlusten av kg ensilage större än övriga parametrar. Detta kan bero på den varierade torrsubstanshalt som grönmassan i de olika systemen hade. I de system där förlusten av kg ensilage var större än de övriga parametrarna beror det förmodligen på att förlusten uppstått i form av pressvatten. Vätska har lämnat systemet medan den mängd torrsubstans som förlorats inte är lika betydande. Buckmaster *et al.* (1989) menar att då torrsubstanshalten ligger mellan 35-50 % hos tornsilo har torrsubstanshalten enbart en liten påverkan på torrsubstansförlusterna. Vid 50 % torrsubstanshalt var förlusten av torrsubstans 11,2 % och vid en torrsubstanshalt på 35 % var torrsubstansförlusten 10,4 %. Denna modell tar dock inte hänsyn till pressvattenförluster. Således skulle förlusterna ha blivit större vid lägre torrsubstanshalt om denna parameter räknats med. Då torrsubstanshalten på grovfodret i Torn 139 och Torn 140 låg mellan 30,7 och 40,3 borde pressvattenförlusterna varit betydande.

En aspekt som kan påverka storleken av förlusterna är den yta hos respektive system som täcks av plast. Hos balar, slangar eller plansilos täcks en eller flera sidor av plast istället för att ha fasta väggar såsom tornsilos har. I denna studie visar dock tornsilo på betydande förluster vilket inte styrker denna teori. Ser man till de procentuella förlusterna kan det antas att det mest troliga är att förlusterna har uppstått i form av pressvatten. Med en högre torrsubstanshalt hos det lagrade grovfodret i dessa två tornsilos hade eventuellt lägre förluster noterats.

Början till minskade förluster är noggrannheten vid inläggningen. Detta gör att lantbrukaren bör vara väldigt observant på att inte exempelvis kadaver och jord följer med in vid inläggningen. Faktorer som påverkar förlusterna som kan härledas till hanteringen vid inläggningen är bland annat tidpunkt på dygnet då grönmassan tas från fältet och förs till lagringsplatsen. Inläggningshastighet påverkar storleken på förlusterna som sedan uppstår under lagringen. I en plansilo har det betydelse hur ofta grönmassan packas, om det görs efter varje lass eller mer sällan. Även den tid som packningen pågår har en inverkan på förlusterna då densiteten blir högre då grönmassan packas en längre tid. Att fylla silon snabbt innebär att tiden som packning sker förkortas. Traktorns vikt har stor betydelse för vilken densitet som uppnås. En hög densitet medför en bättre ensilering då mängden syre som finns i systemet blir mindre. Förlusterna blir således mindre vid högre densiteter än vid låga (Holmes & Muck, 1999). Hur snabbt silon täcks efter det att inläggningen är klar kan också inverka på storleken av förlusterna. En studie visade att effekten av en senarelagd försegling av silon har inverkan på torrsubstansförlusterna, speciellt då proteinhalten är hög och kolhydratsmängden låg. Detta beroende på att ammoniakproduktion höjer pH och med lite eller inget socker kvar så neutraliseras pH och risken för klostridietillväxt ökar med förluster som följd (Henderson & McDonald, 1975)

Uttagningshastigheten i denna studie har hos samtliga system varit låga. Oftast har det gått dagar mellan varje gång utvägning skett. Om nya rutiner med högre uttagningshastigheter skulle appliceras på denna gård borde förlusterna och risken för att varmgång uppstår kunna minskas betydligt. En uttagningshastighet på 10-15 cm/dag rekommenderas (Muck & Rotz, 1996). Hade uttagningshastigheten i denna studie varit så hög hade förmodligen förlusterna varit betydligt lägre. Med tanke på den stora procentuella förlust av ensilage som presenteras för de två tornen i denna studie bör torrsbstanshalten vara större i en tornsilo än i en plansilo. Det är viktigare att förtorka grönmassan om det ska lagras i bal eller tornsilo än om det ska lagras i plansilo.

Genom att förbättra hanteringen före, under och efter lagringen kan förlusterna minskas. Exempelvis genom att hacka, förtorka och använda ensileringsmedel, anpassat till rätt system. En ökad arbetsinsats eller en ökad kostnad, exempelvis för utlägg av ensileringsmedel, kan löna sig då kasserad mängd grovfoder bidrar till stora faktiska ekonomiska förluster. Det gör även det extra arbete som det medför att hantera och kassera ett grovfoder med dålig kvalitet. Förluster av ensilage bidrar till att större odlingsarealer krävs då en del av producerat grovfoder kasseras istället för att utfodras. Detta kan betyda mycket för den enskildes ekonomi. Då handhavandet har en betydande roll för hur stora förlusterna blir, oavsett vilket system som brukas, så finns behovet av rådgivning till lantbrukare. Dels genom att informera förebyggande om förlusterna så lantbrukaren blir uppmärksam på vilka kvantiteter det kan handla om vid felaktig hantering samt ge praktiska förslag på vad som kan förbättras.

6. SLUTSATS

Denna studie visar att förluster av torrsbstans, energi och protein varierar beroende på vilket ensileringsystem som används. De system som rymmer en större mängd ensilage och som har en uttagningsperiod som sträcker sig över en längre tid har större förluster än det system där varje enhet utfodras direkt och som rymmer en begränsad mängd ensilage. Då storleken på förlusterna påverkas av uttagningshastigheten bör tornsilo och plansilo användas under den period på året då uttagningshastigheten är som störst, det vill säga under vintern då alla djuren är installade. På hösten och på våren lämpar sig balar och slang bättre. Mindre gårdar bör använda sig av balar eller slangar året om för att inte få en för låg uttagningshastighet.

7. REFERENSER

- Archibald, J.G. & Gunness, C.I. 1944. Seepage losses from a silo. *Massachusetts Agriculture Experiment Station*. No 547.
- Bastiman & Altman. 1985. Losses at various stages in silage making. High Mowthorpe EHF, Duggleby, Malton. United Kingdom.
- Bolsen, K.K., Dickerson, J., Brent, B.E., Sonon, R.N., Dalke, B.S., Lin, C. & Boyer, J.E. 1993. Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. *Journal of Dairy Science*. Vol. 76(10), 2940-2962.
- Bolsen, K.K. & Bolsen, R.E. 2004. *The silage triangle and important practices in managing bunker, trench, and drive-over pile silo*. Paper of the Southeast dairy herd management conference. Macon, Georgia.
- Borreani, G. & Tobacco, E. 2006. The effect of a baler chopping system on fermentation and losses of wrapped big bales of alfalfa. *Agron. J.* Vol. 98, 1-7.
- Buckmaster, D.R., Rotz, C.A. & Muck, R.E. 1989. A comprehensive model of forage changes in the silo. *Transaction of the Americas Society of Agriculture Engineers*. Vol 32 (4). pp 1143-1152.
- Clark, J., Holmes, B. & Muck, R. 2008. Feedout losses from forage storage systems. *Focus on forage*. Vol 4(7).
- Flintab AB, Jönköping, Sweden. 2010. Produkter & Tjänster. http://www.flintab.se/produkter_tjanster/vagar_1. Internetkälla 2012-04-19.
- Goode, J.T. 1981. *Liner for tower silo and method of installing same*. United States Patent. Place North, Osseo, Minn.
- Gordon, C.H. 1966. Storage losses in silage as affected by moisture content and structure. *Symposium*. Presented at the sixty-first annual meeting of the American Dairy Science Association, Oregon State University, Corvallis.
- Gordon, C.H., Derbyshire, J.C., Jacobson, W.C. & Humphrey, J.L. 1965. Effects of dry matter in low-moisture silage on preservation, acceptability and feeding. *Journal of Dairy Science*. Vol. 48(8), 1062-1068.
- Gordon, C.H., Irvin, H.M., Melin, C.G., Wiseman, H.G. & McCalmont, J.R. 1957. Some experiments in preservation of high-moisture hay-crop silage. *Journal of Dairy Science*. Vol. 40(7), 789-799.
- Harvestore. 2010. Products. <http://cstindustries.com/products/harvestore/#page=page-1>. Internetkälla 2012-04-19.
- Henderson, A.R. & McDonald, P. 1975. The effect of delayed sealing on fermentation and losses during ensilage. *J. Sci. Fd Agric.* Vol 26, pp 653-667.
- Holmes, B.J. 1998. Choosing Forage Storage Facilities. *Prepared for Dairy Feeding Systems Management, Components and Nutrients (NRAES-116) Natural Resource, Agriculture and Engineering Service Cornell University, Ithaca, NY*.
- Holmes, B.J. & Muck, R.E. 1999. Factors Affecting Bunker Silo Densities. *Applied engineering in agriculture, American Society of Agricultural Engineers*. Vol 16(6). pp 613-619.
- Holter, J.B. 1983. Aspects of storing and sampling ensiled forages. *J Dairy Sci*. Vol 66. pp 1403-1408.

- Huhnke, R. L., Muck, R.E. & Payton, M. E. 1997. Round bale silage storage losses of ryegrass and legume-grass forages. *Applied Engineering in Agriculture, American Society of Agricultural Engineers*. Vol 13 (4), pp 451-457.
- Huhtanen, P., Sudekum, K.H., Nousiainen, J. & Shingfield, K.J. 2010. *Grassland in a changing world*. Proceedings of the 23rd General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, Germany, pp 379-400.
- Intertechnology Inc., Toronto, Kanada
- Kung, L. 2001. Silage fermentation and additives. *Direct-fed Microbial, Enzyme & Forage Additive Compendium*, Miller Publishing Co. Minnetonka, MN. Department of Animal and Food Sciences, University of Delaware.
- Kung, L., Stokes, M.R. & Lin, C.J. 2003. Silage additives. In *Silage science and technology*. Ed. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. Agronomy, 42.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan. C.A. 2002. *Animal Nutrition*, 517, 520, 525-526, 531. 6th edition. Edinburgh, Pearson Education Limited.
- McDonald, P., Henderson. A.R. & Heron. S.J.E. 1991. The *Biochemistry of Silage*. 2nd edition, pp 11, 12, 19, 32, 48, 62, 244. Marlow, Chalcombe Publication.
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Ralton, I. 1973. Energy changes during ensilage. *J. Sci. Agric.* Vol 24, 827-834.
- McGregor. A. 1968. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass. *J. Sci. Food Agric.* Vol 19, 125-132.
- McGechan, M.B. 1989. A Review of Losses Arising during Conservation of Grass Forage" Part 1, Field Losses. *Journal of Agriculture and Engineering Research*. Vol 44, 1-21.
- McGechan, M.B. 1990. A review of losses arising during conservation of grass forage: Part 2, storage losses. *Journal of Agriculture and Engineering Research*. Vol 45, 1-30.
- Muck, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J Dairy Sci.* Vol 71, 2992-3002.
- Muck, R.E. 1999. Influence of air in the preservation and aerobic spoilage of silages. *American Society of Agricultural Engineers*. Vol 42(3), 573-581.
- Muck, R.E. & Holmes, B.J. 2006. Bag silo densities and losses. *American Society of Agriculture and Biological Engineers*. Vol 49(5), 1277-1284.
- Muck, R.E. & Holmes, B.J. 2000. *Preventing Silage Storage Losses*. Biological Systems Engineering Department, University of Wisconsin, Madison & Agricultural Engineer, USDA, Agricultural Research Service, US Dairy Forage Research Center. Madison, Wisconsin.
- Muck, R.E. & Holmes, B.J. 2001. *Density and Losses in Pressed Bag Silos*. ASAE Meeting Paper. No 01-1091. St. Joseph, Mich, ASAE.
- Muck, R.E., Moser, L.E. & Pitt, R.E. 2003. Postharvest factors affecting ensiling. In *Silage science and technology*. Ed. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. Agronomy, 42.
- Muck, R.E. & Rotz, C.A. 1996. Bunker silo unloaders: an economic comparison. *Applied Engineering in Agriculture, American Society of Agricultural Engineers*. Vol 12 (3), pp 273-280.
- Muck, R.E. & Shinnors, K.J. 2001. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. Madison, Wisconsin, United States of America.
- Naturvårdsverket. 2008. *Utsläpp av växthusgaser*. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Utslappsstatistik-och-klimatdata/Utslapp-av-vaxthusgaser/>

- Rees, D.V.H. 1982. A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Vol 27, pp 469-479.
- Rooke, J.A. & Hatfield, R.D. 2003. Biochemistry of ensiling. In *Silage science and technology*. Ed. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. Agronomy, 42.
- Rotz, C. A. 2003. How to maintain forage quality during harvest and storage. *Advances in dairy Technology*. Vol 15, pp 227-239.
- Rotz, C.A., Ford, S.A. & Buckmaster, D.R. 2003. Silages in farming systems. In *Silage science and technology*. Ed. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. Agronomy, 42.
- Ruppel, K.A., Pitt, R.E., Chase, L.E. & Galton, D.M. 1995. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *J Dairy Sci*. Vol 78, pp 141-153.
- Ruxton, G.D. & Gibson, G.J. 1994. Effect of deterioration of spraying the open face of silage bunker with propionic acid. *J. agric. Engng Res*. Vol 58(3), 159-168.
- Ruxton, I.B. & McDonald, P. 1974. The influence of oxygen on ensilage. *J. Sci. Agric*. Vol 25, 107-115.
- Savoie, P. 2001. Intensive mechanical conditioning of forages: A review. Canadian Biosystems Engineering, *Soils and Crops Research and Development Centre*, Canada.
- Savoie, P. & Jofreit, J.C. 2003. Silage storage. In *Silage science and technology*. Ed. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. Agronomy, 42.
- SCB. 2009. Jordbruksstatistisk årsbok 2009 med data om livsmedel. Sveriges officiella statistik, Jordbruksverket, SCB, Jönköping.
- Seibt, J. 1991. Ensileringsförlusternas beroende av grödans torrs substanshalt i olika silotyper. *Grovfoder, forskning- tillämpning*. No 1. Inst. för husdjurens utfodring och vård. SLU. Uppsala.
- Slottner, D. 2010. Internetkälla: *Torka till rätt ts-halt*. www.ensilagenytt.se. Hämtat 2010-02-17.
- Strid, I. & Flygsjö, A. 2007. Livscykelanalys (LCA) av ensilage- jämförelse av tornsilo, plansilo, och rundbal. *Rapport Mat21*, 3/2007. Inst. för livsmedelsvetenskap. SLU. Uppsala.
- Sundberg, M. & Pauly, T. 2005. Grönmassans ensileringsbarhet vid slangensilering. *JTI-rapport, Lantbruk & Industri*. 336. ISSN 1401-4963. JTI- Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Sundberg, M. & Pauly, T. 2006. Ensilagekvalitet vid olika grad av mekanisk bearbetning av grönmassan. Jämförelse mellan ensilering i bal, slang och silo. *JTI-rapport, Lantbruk & Industri*. 346. ISSN 1401-4963. JTI- Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Verbič, J., Ørskov, E.R., Žgajnar, J., Chen, X.B. & Žnidaršič-Pongrac, V. 1999. The effect of method of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*. Vol 82, 195-212
- Whittenbury, R., McDonald, P. & Bryan-Jones, D.G. 1967. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. *J. Sci. Fd Agric*. Vol 18, 441-444.
- Wilkinson, J.M. 1981. Losses in the conservation and utilization of grass and forage crops. *Annals of applied biology*. Vol 98(2), 365-375.
- Wilkinson, J.M. 1991. Review article, Silage and animal health. *Nat. Toxins*. Vol 7, 221-232. The University of Leeds, Leeds.
- Wilkinson, J.M., Bolsen, K.K. & Lin, C.J. 2003. History of silage. In *Silage science and technology*. Ed. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. Agronomy, 42.

- Woolford, M.K. 1990. The detrimental effects of air on silage. *Journal of applied Bacteriology*. Vol 68, 101-116.
- Woolford, M.K. & Pahlow, G. 1998. The silage fermentation. *Microbiology of fermented foods*. 2nd edition, pp 73. Great Britain.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 Uppsala
Tel. 018/67 10 00
Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Nutrition and Management
PO Box 7024
SE-750 07 Uppsala
Phone +46 (0) 18 67 10 00
Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management*