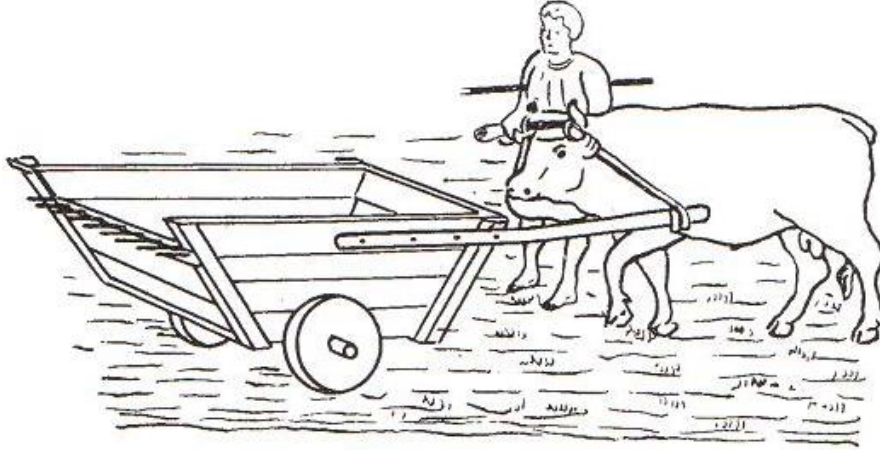


## 1. HASAT HARMAN MAKİNALARININ TARİHÇESİ

Kanafojski ve Karwowski (1976) hasat harman makinaları tarihi gelişimini aşağıdaki gibi vermiş ve tarihte hasat makineleriyle ilgili ilk bilgilerin birinci yüzyıla dayandığını bildirmiştir. Pliny tarafından aktarılan ilk hasat makinesi buğday ve arpaların başaklarının toplanması amacıyla yapılmıştır. Şekil 1.1 de verilen bu makine başakların toplanması amacıyla ilk defa Gaul (Batı Avrupa) 'da ortaya çıkmıştır. Bu makinede iki adet tekerlek olup, ön tarafına tırmık bağlanmıştır.



Şekil.1.1. Birinci yüzyılda Batı Avrupa'da geliştirilen başak toplama makinesi

Arabanın önündeki tırmık saplardan başakları koparacak yüksekliğe ayarlanmıştır. Benzer bir makine 4. yüzyılın sonunda Pollodius tarafından yapılmıştır. Ancak daha sonraki çağlarda 17. yüzyılın sonlarına kadar hasat makinesi adında bir makineye ya da kavrama rastlanılmamıştır. İngiltere, Almanya ve diğer Batı Avrupa ülkelerindeki sanayinin gelişmesiyle 17. yüzyılın sonunda ve bunu izleyen yüzyılın başında hasat makineleriyle ilgili girişimlerde bulunulmuştur. İlk girişimciler Gaulish makinesini taklit etmişler ya da döner biçme düzenli aletler yapmışlardır. Ancak bu girişimler başarılı olamamıştır. 1800 yılında Mayer, bu amaçla makas kesme yöntemine göre çalışan kesme sistemi fikrini ortaya koymuştur. 1822 yılında ilk defa hasat makinesine bir dolap eklenmiştir. Bell, 1826–1828 yıllarında kendisinden önce yapılan birbirinden bağımsız üniteleri bir araya toplayarak Şekil 1.2 de

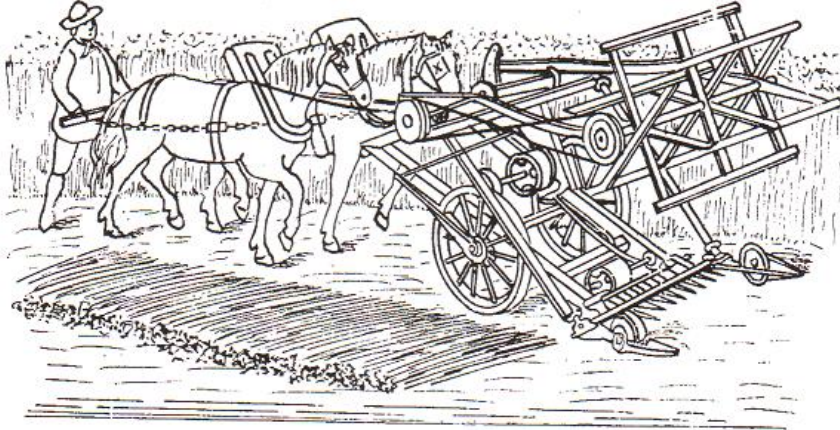
ki makineyi yaptı. Bu makine Bell'e tarım makinelerinin babası olma unvanını kazandırdı.

İlk kullanılan orak makinesinde dolap sapların makineye yönltilmesinde kullanılırken kesilmiş orak makinesindeki saplar tırmıkla insan yardımıyla tarlaya bırakılmıştır (Şekil 1.3).

Bu makinelerde insan gücüne büyük ihtiyaç duyulduğundan bundan sonraki gelişmeler hasadın insan gücünün en az kullanımıyla yapılması üzerinde olmuştur. Kesme mekanizması ve dolap, hareketini tekerlekten alan bir dişli ve kayış yardımıyla tahrik edilmiştir.

İlk parmaklı orak makinesi 1868 yılında geliştirildi (Şekil 1.4). Kesilen saplar tablada toplandı ve belirli miktardan sonra tarlaya bırakıldı, demetlerin kalınlığı ve namlunun genişliği ayarlanabildi.

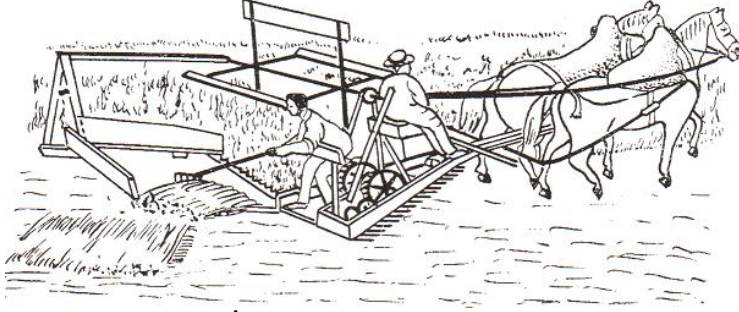
Marsch kardeşler 1858 yılında biçerbağlar orak makinesini geliştirdiler (Şekil 1.5). Bu makinede, makine üzerinde birden fazla işçi bulunmakta ve kesilen saplar demetler halinde tarlaya bırakılmaktadır. Daha sonraki çalışmalarda, gelişmeler tarlaya bırakılan demetlerin telle ya da ipe bağlanması yönüne kaymıştır.



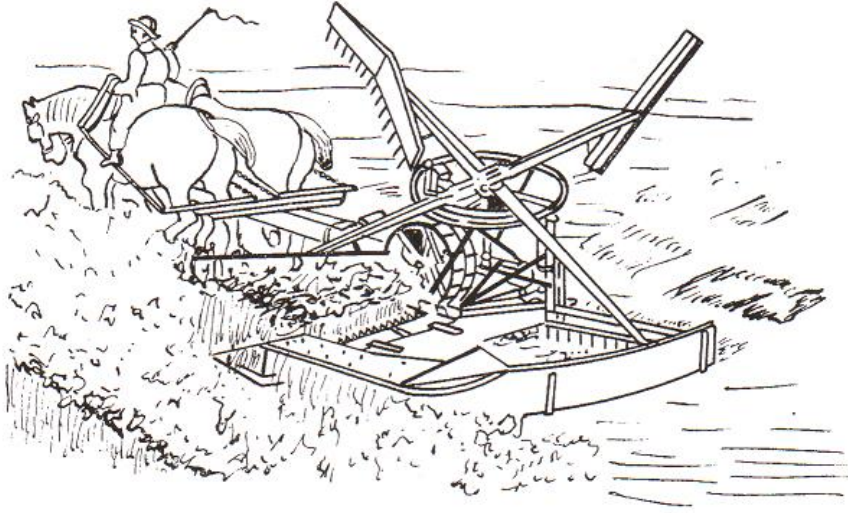
Şekil 1.2. Bell' in 1826–1828 tarihlerinde geliştirdiği hasat makinesi

Amerikalı genç çiftçi olan Eppleby, 1858 yılında demetleri otomatik olarak ipe bağlayan mekanizmayı geliştirdi. Ancak bu mekanizma ekonomik nedenlerden dolayı biçerbağlara 9 yıl sonra takılıp kullanılmaya başlandı. Eppleby'ın bağlama mekanizması daha sonraları

yalnızca biçerbağlarda kullanılmayıp aynı zamanda modern balya makinelerinin bağlama düzeninin temelini de oluşturmuştur.

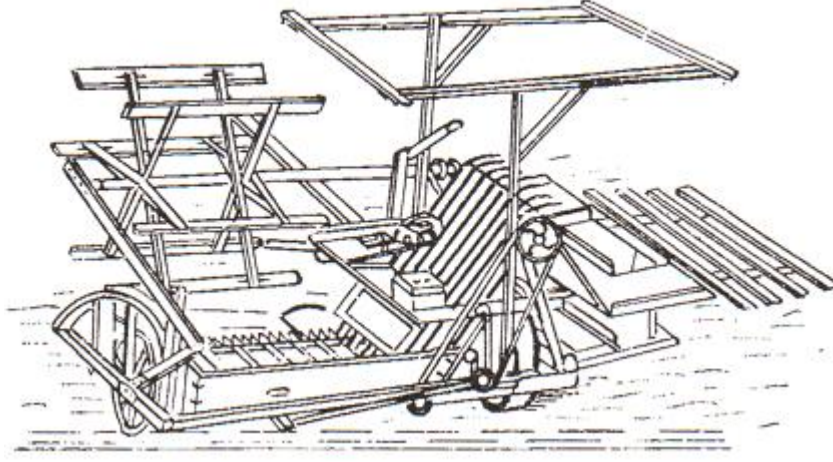


Şekil 1.3. İlk orak makinesi (1838)



Şekil 1.4. İlk parmaklı orak makinesi (1868)

Hasat mevsiminde işçi sıkıntısının baş göstermesi ve ayrıca tahıllardaki hasadın mevsim koşullarına bağlı olarak bölgelere göre değişimi hasat makinelerine harman ünitelerinin eklenmesini de gerektirdi. İlk kombine makineler Kuzey Amerika ve daha sonra da Avustralya da ortaya çıktı. Bu makineler hasat ve harmanı bir arada yapmaktaydı. Büyük, ağır ve manevra yapamaz makinelerdi. Hareketli parçaları tekerlekten tahrik ediliyordu. Bu tip makinelerin çekilmesi için 20–30 ata ihtiyaç vardı. Ayrıca atları idare etmek de çok zordu.

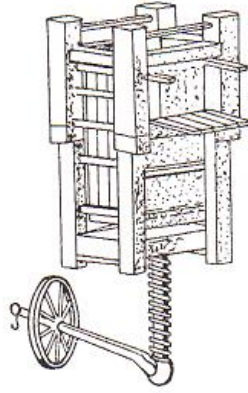


Şekil 1.5. Marsch kardeşlerin geliştirdiği biçerbağlar orak makinesi (1858)

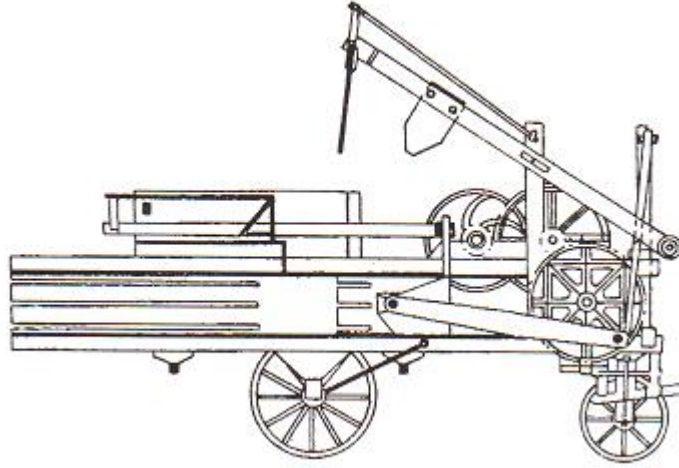
İlk traktörler 19. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıktı. Traktörler önceleri buharlı daha sonraları içten yanmalı motorla tahrik edildi. Hasat harman makinelerinde atların yerini traktörler aldı. Traktör başlangıçta yalnızca makineyi çekmekte kullanılıyordu, makine üzerinde tahrik amaçlı başka bir motor bulunuyordu. Kombine hasat harman makinelerinin ortaya çıktığı ülkeler sırasıyla Amerika, Avustralya, Kanada ve daha sonra da Arjantin'dir. Rusya da bu tip makinelerden çok sayıda imal ederek I.Dünya savaşı sırasında kullanmaya başlamıştır. Batı Avrupa ülkelerinde uzun bir süre kombine makinelerin büyük alanlar için uygun olduğu, yalnızca belirli iklim koşulları için önerebileceği fikri hüküm sürdü.

I. ve II. Dünya savaşları arasında Almanya da Orta Avrupa koşullarına uygun motorsuz, traktörden bir mil aracılığıyla alınan şaftla çalışan biçerdöver (Class) yapıldı. Bu, Batı Avrupa ülkelerine kombine makinenin ilk girişiydi. II. Dünya savaşı sırasında işgücü sıkıntısı çekilmesi kombine makinelerinin geliştirilmesi ihtiyacını hızlandırmıştır. II. Dünya savaşının sonunda tüm Avrupa'da kombine makineler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde biçerdöverler tahılların yanı sıra mısırın, soyanın, fasulyenin ve daha pek çok ürünün hasat-harmanında kullanılmaya başlanmıştır.

Kuru otun ve sapın daha kolay ve daha ucuz taşınması için sıkıştırılması ya da paketlenmesi 19. yüzyılda elle çalışan bir makineyle yapılmıştır (Şekil 1.6). İlk sabit paketleme ya da sıkıştırma makinesini Dederick adında bir Amerikalı 1870 yılında yapmıştır (Şekil 1.7). İmalatı sürekli geliştirilen bu tip sıkıştırma makinesi Avrupa da tutulmuş ve II. Dünya savaşına kadar kullanılmıştır. Sabit sıkıştırma makinelerine kuru otun ve sapın çok uzak yerlerden ya da tarladan getirilmesi gerekiyordu bu da zaman alıcıydı ve işçi giderlerini artırıyordu. II. Dünya savaşının sonunda namlu yapılmış otları balya yapan makineler icat edildi.

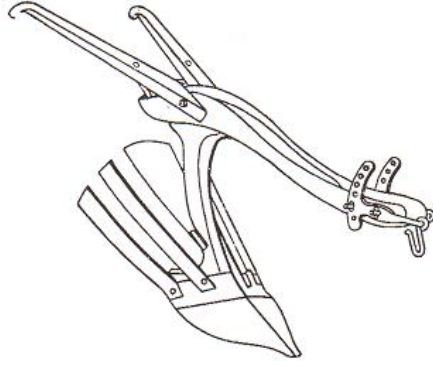


Şekil 1.6. Sap ve kuru otun paketlenmesinde kullanılan 19. yüzyılda ortaya çıkan ve elle çalıştırılan Amerikan sıkıştırma makinesi

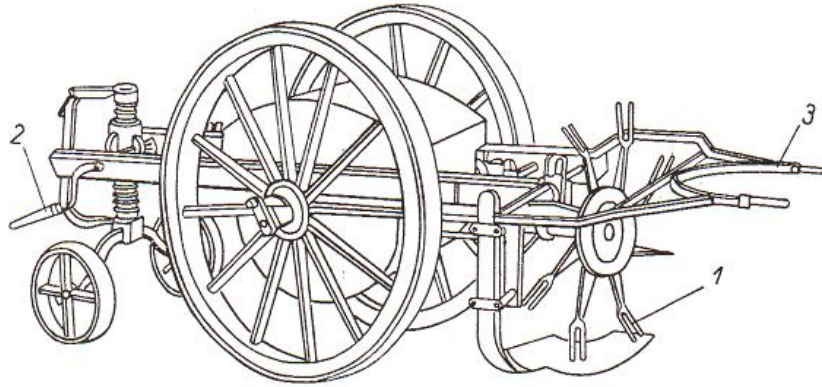


Şekil 1.7. Amerikalı Dederick tarafından yapılan sabit balya makinesi (1870)

Patatesin sökülmesinde ya da hasadında kullanılan ilk makine İngiliz Howard tarafından icat edilen parçalı kulaĝa sahip çift etkili (ift yüzeyli) pulluktur (ekil 1.8). Bu alet basit, ucuz ve stabildi. Ancak patateslere söküm anında zarar verebiliyordu ve nemli toprakta patatesin topraktan ayrılması zor oluyordu. Bunun önüne geçmek için çok çalışma yapıldı ve İskoç asıllı Hanson dönerek çalışan skcnn patatesi keseklerden kolayca ayırabileceĝi fikrini ortaya koydu. nl İngiliz tasarımcısı Coleman, Hanson' un fikrini geliştirip, pratiĝe aktararak 1856 yılında Hanson-Coleman patates sökme makinesini yaptı (ekil 1.9).



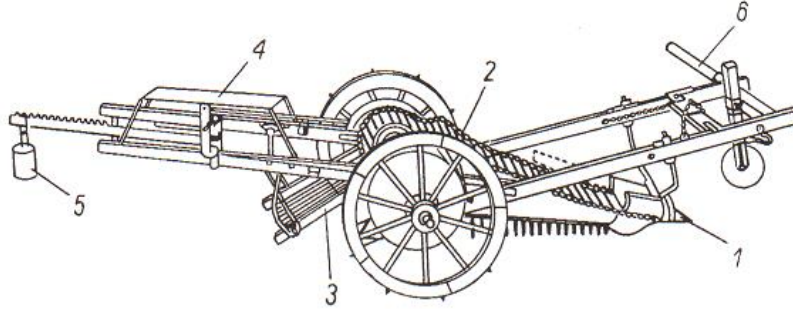
Şekil 1.8. İngiliz Howard tarafından icat edilen ve patatesin sökülmesinde kullanılan parçalı kulaĝa sahip çift etkili Howard pulluĝu



Şekil 1.9. Hanson-Coleman döner tip patates sökme makinesi (1.Döner parmaklar, 2.El krankı, 3. Pulluk tutamakları)

Hanson-Coleman patates sökme makinesinde konkav bir uç demirinin arkasında çatal biçiminde yıldız şeklindeki bir mekanizmada döner parmaklar bulunmaktadır. Bu döner parmaklar sökülen patatesleri ve kesikleri bir tarafa fırlatarak birbirinden kolayca ayrılmasını sağlamaktadır. Döner parmaklar hareketini bir dişli mekanizması aracılığıyla tekerlekten almaktadır. El krankı yardımıyla tekerleklerin konumu değiştirilerek uç demirinin söküm derinliği ayarlanmaktadır. Makinenin sevk ve idaresi pulluk tutamakları sayesinde yapılmaktadır. Günlük iş verimi yaklaşık 1.25 ha olup 20-24 işçinin yaptığı işi yapmaktadır. Bu makinenin bir dezavantajı yüksek çevre hızında patateslerin zedelenmesi ve 10 m gibi uzaklıklara fırlatılmasıdır.

Egbert Kobyliński son 20 yıldaki gelişmeleri göz önüne alarak kendi tasarımını ortaya koymuş ve bir patates hasat makinesi geliştirmiştir (Şekil 1.10). Bu makine, Coleman makinesinden farklı bir prensiple çalışıyordu. Bu makinede sırtta kesilen toprak eğimli zincirli bir ileticiye gelmektedir.

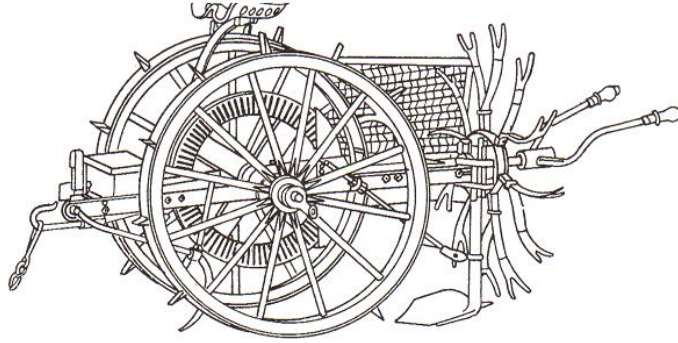


Şekil 1.10. Kobyliński'nin patates sökme makinesi (1. Sökücü ayak, 2. Zincirli iletici, 3. Eğimli oluk, 4. Operatör koltuğu, 5. İlave ağırlık, 6. Dümenleme çubuğu)

Zincirlerde toprak alta geçmekte ve geri kalan materyal bir oluğa geçmekte ve bu olukta diğer toprak parçaları yere düşerken patatesler oluğun sonunda tarlaya bırakılmaktadır. Arkadaki operatör ağırlığı ve arkaya asılan ağırlık makinenin ön tarafının ağırlığını dengelemektedir. Makinenin önünde yan tarafta bir kişi giderek makinenin patates sıralarına doğru yönlendirilmesini sağlamaktadır. Bu makinenin dezavantajı sıkışık toprakta kesiklerin iyi ayrılmaması ve yumruların

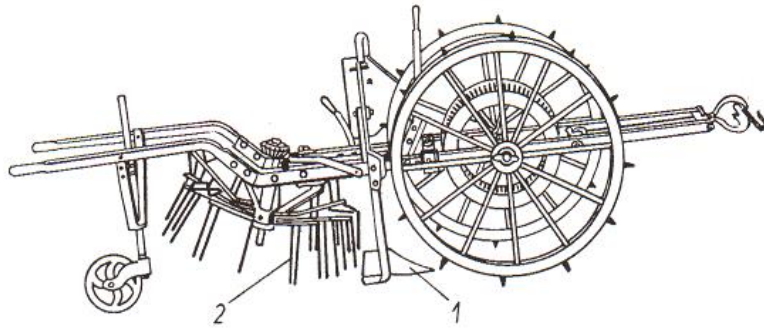
toprağın altında kalmasıdır. Ayrıca yumrular zedelenmekte ve makinenin direnci yüksek olmaktadır.

Hanson ve Kobylinski' nin geliştirdikleri makineler daha sonraki tasarımlara örnek olmuş ve Münster 1870 yılında dönme yönünün ters istikametinde eğim verilmiş dönerek çalışan yıldız şeklindeki fırlatıcı üniteye sahip patates sökme makinesini yapmıştır (Şekil 1.11). Bu makinede kesekler daha iyi ezilmiş ve patates saplarının çarka bağlanması da önlenmişti. Ancak yumruların zarar görmesi ve toprağın altında kalması önlenemiyordu.



Şekil 1.11. Münster'in 1870 yılında yaptığı eğik ayaklı patates sökme makinesi

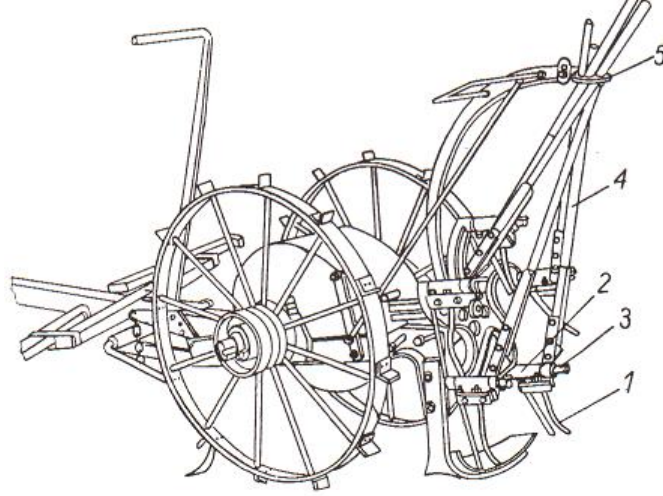
Hampel, 1896 yılında Şekil 1.12 de verilen patates sökme makinesini geliştirdi. Bu makinede sökücü ayağın arkasında döner bir tırmık vardı ve daha önceki makinelerde bulunan yıldız şeklindeki döner fırlatıcının yaptığı işi yapıyordu.



Şekil 1.12. Hampel' in 1896 yılında yaptığı patates sökme makinesi (1. Sökücü ayak, 2. Döner tırmık)



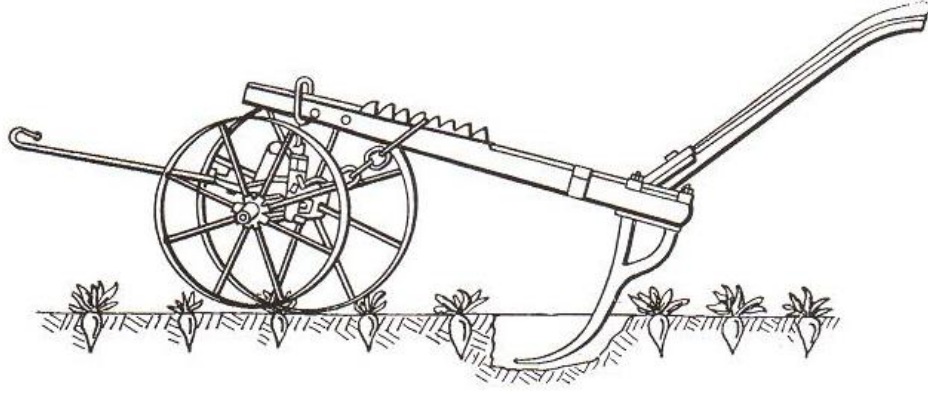
Harder 1897 yılında parmakları yönlendirilebilen bir patates sökme makinesi yaptı (Şekil 1.13). Bu makinede parmaklar yıldız çarkın sonunda bulunan ve dönebilen kovanlara takıldı. Kovanlar bir halka içerisinde kayabilen bir çubuğa bağlandı. Böylece ayarların daha kolay yapılması sağlanarak yumruların daha az zedelenmesine çalışıldı.



Şekil 1.13. Harder'ın 1897 yılında yaptığı patates sökme makinesi (1. Kılavuz parmaklar, 2. Kovan, 3. Pivot, 4. Kayar çubuklar, 5. Halka ya da bilezik)

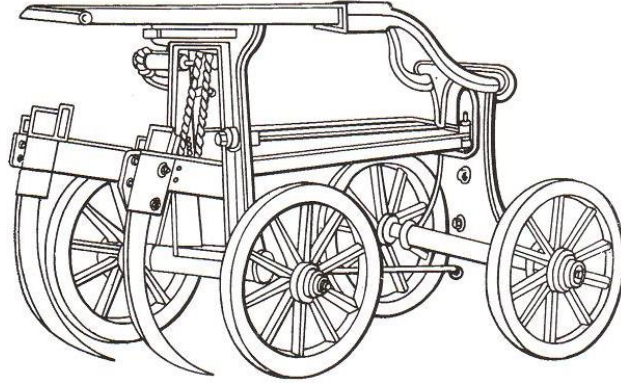
Patates hasat makinelerinin uygulamadaki önemi II. Dünya savaşının sonuna kadar tam olarak anlaşılammış ve savaştan sonra işçi sıkıntısı çeken ülkeler tarafından daha gelişmiş makineler yapma yoluna gidilmiştir.

Şeker pancarı üretimindeki artış şeker pancarının hasadında mekanizasyona gitme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Rudolph Sack 1866 yılında ilk şeker pancarı sökme makinesini icat etmiştir (Şekil 1.14). Bu makinede sabit bir ayak çatıya bağlanmış olup, önde 2 tekerlek bulunmaktadır. Bu makine pancarı topraktan gevşetmekte, kaldırmakta ve elle toplanma işini kolaylaştırmaktadır. Tek sıralı olup, iş verimi günlük 1 ha civarındadır.



Şekil 1.14. Sack 'ın atla çekilen pancar sökme makinesi (1866)

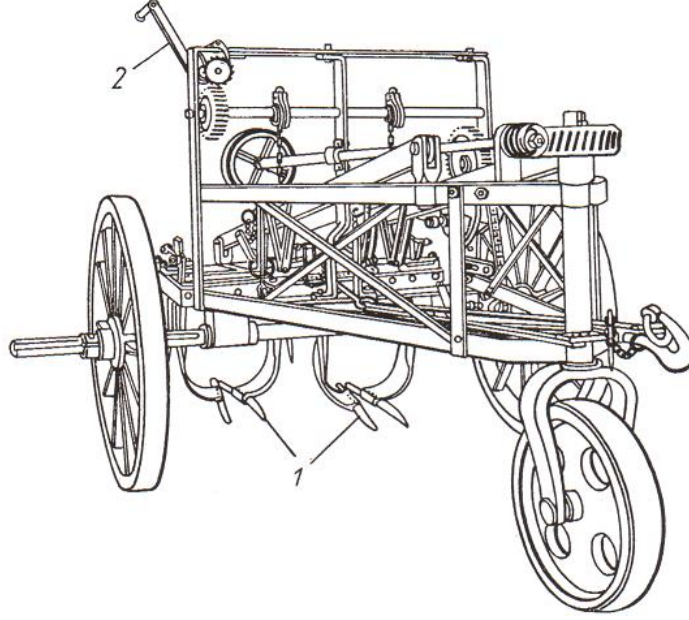
1861 yılında Siedersleben şirketi Şekil 1.15 de görülen iki sıralı şeker pancarı sökme makinesini imal etti. Bu makinede sıra arası ayarlanabilen 2 adet eğrisel ayak bulunmaktaydı. Ayaklar menteşelerle 4 tekerlek üzerine oturan çatıya bağlanıyordu. Ayakların havaya kaldırılması bir kablo ve vinç sistemiyle yapılıyordu. İş verimi Sack makinesinin yaklaşık 2 katıydı. Bunun yanında direnci yüksekti.



Şekil 1.15. Siedersleben' in atla çekilen 2 sıralı şeker pancarı sökücüsü (1861)

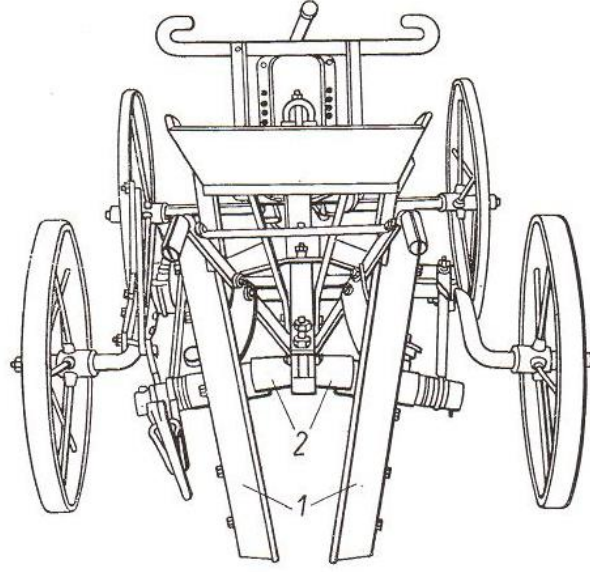
Paul Lecq adında bir Fransız 1878 yılında şeker pancarını topraktan tamamen söken ilk makineyi yaptı. Sökücü ayakları keskin uçlu, yuvarlak ve öne doğru gittikçe genişleyen çatal şeklindedir. Çatal şeklindeki ve birbirleri arasındaki mesafe gittikçe büyüyen ayaklar şeker

pancarını toprağın üstüne çıkartmaktaydı. Lecq' nın fikri, Lass şirketi tarafından pratiğe aktarıldı ve Şekil 1.16 daki şeker pancarı sökme makinesi yapıldı. Çatı aşağı yukarı indirilip kaldırabiliyor ve dümenleme kolaylıkla yapılabilirdi. Şeker pancarı üreticileri arasında büyük rağbet gördü.

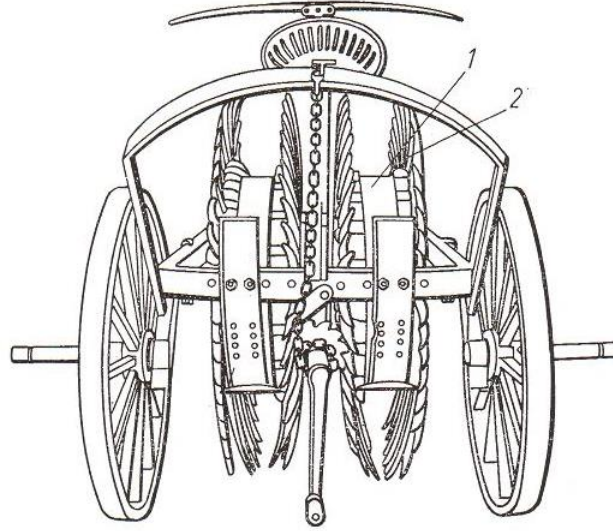


Şekil 1.16. Lass şirketi tarafından yapılan iki sıralı şeker pancarı sökme makinesi (1. Söküm ayakları, 2. Kaldırma kolu) (1878)

Yukarıdaki makineler pancarı yalnızca topraktan kaldırma ve çıkartma şeklinde çalışıyorlardı. 20. yüzyılın başlarında Frennet-Vothier Şekil 1.17 deki makineyi yaptılar. Bu makinede toprakta pancarın kök bölgesinden daha aşağıda çalışan iki adet eğimli disk ve baş kesen bir bıçak bulunuyordu. Şeker pancarının başını kesen bıçak iki diskin arasına yerleştirilmişti. Tüm bunlara rağmen tarlada sökülmedik çok sayıda şeker pancarı bıraktığı için bu makine uygulamada tutulmadı. Hemen hemen aynı zamanlarda Charles Thomann da bir makine yaptı (Şekil 1.18). Bu makinede 2 adet tambur ve tamburlara bağlı eğimli parmaklar vardı. Ayrıca pancarın başını kesen bıçaklarda bulunuyordu. Uygulamada söküm açısından yeterliydi ancak fiyat yönünden pahalıydı (Kanafojski ve Karwowski 1976).



Şekil 1.17. Frennet-Vothier tarafından 20. yüzyılın başlarında yapılan şeker pancarı sökme makinesi (1.Eğimli diskler, 2. Baş kesme bıçakları)



Şekil 1.18. Thomann tarafından 20. yüzyılın başlarında yapılan şeker pancarı söküm makinesi (1. Tamburlar, 2. Parmaklar)

## 2. HASAT İLKELERİ VE MAKİNALARI

### 2.1.Giriş

Hasat, tarımsal üretimde gelişme ve olgunlaşma devresini tamamlamış ürünlerin tarladan toplanması, tarlada işlenmesi ve taşınması gibi işlemleri kapsar. Bitkilerden elde edilen ürünler yem bitkilerinde olduğu gibi sap ve yaprak şeklinde, tahıllarda olduğu gibi dane şeklinde, yumru gövdeli bitkilerdeki gibi yumru şeklinde bulunabilir.

Yem bitkileri gibi ürünlerin hasadı, bunların biçilmesi, tarlada kurutulması, depolanması, balya haline getirilmesi işlemlerini kapsar. Eğer yeşil yem, turşu yani silaj olarak değerlendirilecekse biçimle birlikte bunların kıyılması ve bir taraftan treylere yüklenmesi ile hasat işlemi tamamlanmış olur. Hasatta sapların biçilmesi, toplanması ve bağlanması hasat kapsamına girer.

Toprak altı ürünlerde, şeker pancarı ve patatesten olduğu gibi hasat, işe yaramayan kısımların ayrılarak, esas ürünü meydana getiren yumru veya toprak altı gövdesinin toprak yüzüne çıkarılması ve yığın halinde toplanması için yapılan işlemleri kapsar. Meyve ve sebzelerde ise, meyve ve sebzelerin ağaç veya bitkilerden toplanması işlemlerine hasat denir.

Hasat işleminin amacı, olgunluk devresine gelen ürünleri bozulmadan ve en az kayıp ile zamanında ve çabuk olarak toplamaktır. Olgunlaşan ürünlerin üzerinde yetiştiği bitkilerin cinsine göre zamanında hasat gerekir. Hasat işlemi sırasında makine kullanılarak iklim koşulları ve aşırı olgunluktan ortaya çıkabilecek kayıplar önlenmelidir.

Görüldüğü gibi hasat tanımı ve hasatta yapılan işlemler bitki özelliklerine, yetiştirme koşullarına ve ürünün kullanılma amacına göre farklılıklar göstermektedir. Hasat makinaları hasat edilecek ürün cinsine göre çok çeşitlidir. Bu makinalar ortak özelliklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Keskin ve Erdoğan 1984).

- 1.Yem bitkileri hasat makinaları
2. Hububat hasat makinaları

3. Mısır hasat makinaları
4. Pancar hasat makinaları
5. Patates hasat makinaları
6. Pamuk hasat makinaları
7. Sebze hasat makinaları
8. Meyve hasat makinaları
9. Tütün ve çay hasat makinaları
10. Özel hasat makinaları

Hasat makinaları çeki kuvveti kaynağına göre de sınıflandırılabilirler.

1. Elle çalıştırılan alet ve makinalar
2. Hayvanla çekilen hasat makinaları
  - 2.1. Tekerlekten hareket alarak çalışanlar
  - 2.2. Üzerinde motoru olanlar
3. Traktörle çalıştırılan hasat makinaları
  - 3.1. Asma tip
  - 3.2. Yarı asma tip
  - 3.3. Çekilir tip
    - 3.3.1. Tekerlekten hareket alanlar
    - 3.3.2. Motorlu tip olanlar
4. Kendi yürür hasat makinaları

Mekanize olan işletmelerde tarla bitkilerinin hasadı tamamen makine ile yapılmakta ve bu iş için traktörle çalıştırılan makinalar veya kendi yürür makinalar kullanılmaktadır. Genel olarak yetiştirilen her bitkinin makine ile hasadı yapılabilmektedir.

## **2.2. Yeşil Yem Bitkilerinin Hasadı**

Hayvan yetiştirilen işletmelerde et ve süt üretiminin artırılması, yeşil yemlerin yaş ve uygun bir şekilde kurutulmuş halde hayvanlara yedirilmesi ile sağlanabilir. Modern tarım tekniğinde yeşil yem üreticiliği büyük önem taşımaktadır. Yeşil yem bitkisinin hasat işlemi sırasında besleme değerini ve tazeliğini kaybetmemesi gerekir. Yem bitkileri ve çayır otları birim alanda yüksek ürün verimine sahip olması nedeni ile bu materyali işleyecek makinaların yüksek kapasiteli, verimli olması gerekir. Yeşil yemler hasat edildiğinde %80 e yakın oranda su içerir. Bu materyalin saklanması ya kurutularak ya da yüksek nem

oranında silaj yapılarak yapılır. Kurutma ile nem içeriği %20–25 e düşürülür ve bu değer depolama için emniyetli bir sınır değeridir. Kurutma tarlada güneş etkisi ile sağlanabildiği gibi işletme için de yapay yöntemlerle de yapılabilir. Tarlada kurutmada, biçilen otlar gevşek durumda bırakılır. Gerektiğinde özel makinelerle aktarılır. Kurutma sırasında yeşil yem bitkilerinin yapraklarının fazla kuruyarak dökülmemesine dikkat edilmelidir.

Kurumayı hızlandırmak için sap kısımlarının makine ile ezilmesi de bir yöntem olarak uygulanmaktadır. Kuruyan otlar çeşitli mekanik araçlarla toplanıp işletmeye taşınarak depolanır. Eğer kuruma fazla oranda olmuş ise taşıma sırasında da yaprak kaybı artabilir. Taşıma işlemini kolaylaştırmak için, kuruyan otun balyalama veya yüksek basınçla biriket ve pelet haline getirilmesi tercih edilir.

Yeşil yem bitkileri silaj yapılarak da saklanabilir. Taze ve sulu yem bitkilerinin olabildiğince havasız koşullarda biriktirilmesi ile ortaya çıkan süt asidi (laktik) yeşil yemin bozulmadan taze olarak saklanmasını sağlar. Yemin silaj halinde saklandıktan sonra hayvanlara yedirilmesi kuru yeme göre daha avantajlıdır.

Günümüzde uygulanan makineli tarımda yeşil yem bitkilerinin hasadında hasat işleminin çeşitli basamakları biçme, ezme, tarlada namlu yapma ve karıştırma, toplama, balyalama ve kıyarak silaj olarak hazırlama olarak sınıflandırılabilir. Her basamak için çeşitli tipte tarım makineleri kullanılarak hasat edilen yem bitkisinin hayvana verilene kadar en az düzeyde besin maddesi kaybına neden olacak şekilde işlenmesi ve sağlanması gerekir.

Otu hasat etmek için uygulanan yöntemler değişik şekillerde olabilir. Bunlardan bazıları önemli miktarda insan işçiliği gerektirebilir. Yeşil yem hasadında uygulanan temel yöntemler şu şekilde sıralanabilir.

1. Yeşil yem biçilir, namlu halinde tarlada bırakılarak kurutulur. Kurutma işleminde çevirme için tırmıklar kullanılır. Belli bir nem değerine geldiğinde sıralar halinde toplanır ve çiftlik merkezine taşınır.

2. Yeşil yem biçilir ve balya makinasıyla balyalanarak tarlada bırakılır. Bu şekilde taşıma işi kolaylaşır. Ancak balyaların toplanması ve taşınması önemli ölçüde el emeği istemektedir. Mekanik balya toplayıcı ve yükleyicilerin kullanılması, balyaların toplanması ve taşınmasında işçilik yönünden ağırlık oluşturan kusurları ortadan kaldırır.
3. Balya haline getirilen yem bitkisi, balya makinasının arkasına yerleştirilen bir balya oluğu yardımıyla arkadaki treylere itilir veya fırlatılır. Bu yöntem en az işçi ister, fakat ağır çalışmayı gerektirir. Ayrıca böyle bir çalışmada balya makinasının balyalama kapasitesi %15 dolayında azalır.
4. Biçilip namli haline getirilmiş materyal özel düzenlerle toplanıp kıyıyıcı ile kıyılarak bir vantilatör tarafından treylere yüklenerek siloya taşınır. Ancak büyük ölçüde makine ve ekipman yatırımı gerektirir.
5. Yeşil yem tarlada veya işletme merkezinde pelet veya biriket yem haline getirilmesi yönteminde işçilik oldukça azdır. Fakat ekipman, makine ve özel aygıtlara oldukça fazla gereksinim duyulur.

### 2.2.1. Biçme Tekniği

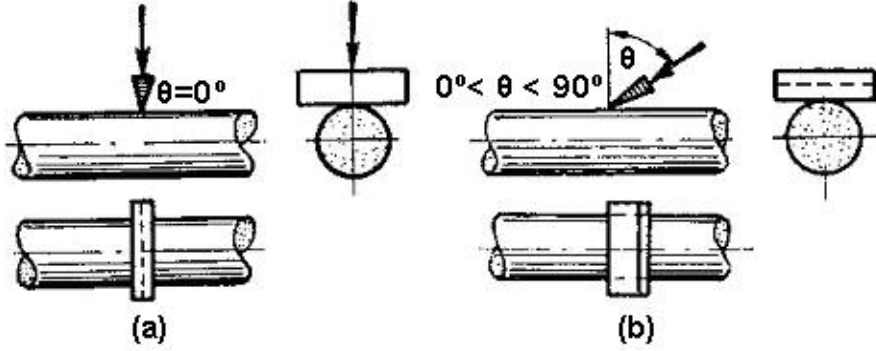
Bitkilerin kesilmesi, birçok değişik tipteki makinalar ve işleme tekniği ile yerine getirilir. Kesme, bir kesme aleti kullanılarak katı bir cisim boydan boya mekanik olarak bölme işlemidir. Birçok uygulama yerine bağlı olarak kesme işlemi farklı şekillerde doğrama, koparma, biçme, yarma, dilimleme, kırma gibi farklı şekillerde tanımlanabilir. Tarlada bitki sapları kesilerek (biçilerek) hasat edilir. Genel olarak biçmede şu yöntemler uygulanır (Keskin ve Erdoğan 1984).

- a) Bıçak kesme,
- b) Makas kesme,
- c) Kombine kesme,
- d) Çarpma kesme

**Bıçak kesme yöntemi:** Bıçak kesme yönteminde esas işlem katı bir cismin basınç altında kesilmesi yani cismin parçalanmasıdır. Burada



kesilecek malzeme üzerine bıçak çeşitli konumlarda etki ettirilerek kesme tamamlanır. Şekil 2.1 de kesilecek materyale göre dik ve yatık bıçak konumları verilmiştir. Şekildeki  $\theta$  açısı kesme işleminin düşeyle yaptığı açıyı göstermektedir. Kesilecek cismin içerisine daldırılan kama şeklindeki bir bıçağın basınç etkisiyle materyal ikiye ayrılır. Bıçak, cisme düşey, eğik ya da yatay konumda etki edebilir. Şekil 2.2 de bıçağın materyal içine dalışı gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Kesilecek materyale göre farklı bıçak konumlarında bıçak kesme yöntemleri (a: Eksene dik  $\theta=0$ , b: Kesilecek materyalin uzunluğuna doğru eğik  $0<\theta<90$ ) (Kanafojski ve Karwowski 1976).

Kesici bıçaklar genellikle tek taraflı bilenirler. Bileme açısı ( $\beta$ ) ve bilen kenarın kalınlığı ( $\delta$ ) olsun. Materyale giren bıçak materyale çeşitli kuvvetlerin etki etmesine neden olur ve materyalde deformasyon meydana getirir (Şekil 2.2). Bıçağın eğimli yüzeyine etki eden normal yani dik bileşke kuvvet ( $R$ ); yatay kuvvet ( $F_h$ ) ve düşey ( $F_v$ ) kuvvetlerin toplamıdır (Sitkei 1986).

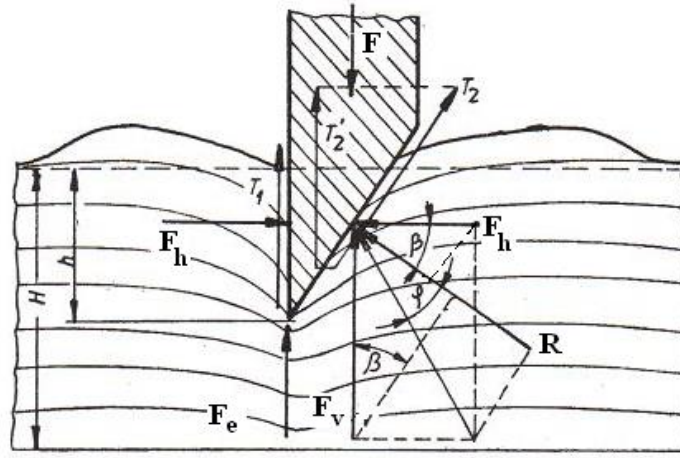
$$R = F_v \sin \beta + F_h \cos \beta$$

$$F_h = \frac{\nu E}{2H} h^2$$

$$F_v = \frac{E}{2H} h^2 \tan \beta$$

$R$  = Bıçağın eğimli yüzeyine etki eden normal yani dik bileşke reaksiyon kuvveti

- $F_v$  = Ezilen materyalin düşey reaksiyon kuvveti  
 $F_h$  = Materyal üzerindeki bıçağın keskin kenarının yüzeyindeki basınçtan kaynaklanan yatay reaksiyon kuvveti  
 $\beta$  = Bileme açısıdır.  
 $\nu$  = Poisson oranı (mısır silajı için 0.1–0.15)  
 $H$  = Materyal kalınlığı  
 $h$  = Bıçağın materyale girme derinliği  
 $E$  = Elastiklik modülü (3.5–4 daN/cm<sup>2</sup>)



Şekil 2.2. Bıçak kesmede bıçağın materyali kesmesi (Sitkei 1986).

Keskin kenar boyunca meydana gelen teğetsel sürtünme kuvveti ( $T_2$ ), sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) ve sürtünme açısı ( $\varphi$ ) bağlı olarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$T_2 = \mu R = \tan \varphi \times R = \tan \varphi (F_v \sin \beta + F_h \cos \beta)$$

Bıçağın düşey tarafındaki teğetsel sürtünme kuvveti:  $T_1 = \mu F_h$

Teğetsel sürtünme kuvveti olan ( $T_2$ ) nin düşey bileşeni:  $T_2' = T_2 \cos \beta$

$$T_2' = T_2 \cos \beta = \mu R \cos \beta = \mu (F_v \sin \beta + F_h \cos \beta) \cos \beta$$

$$T_2' = \mu \left( \frac{1}{2} F_v \sin 2\beta + F_h \cos^2 \beta \right)$$

Kesme işleminin gerçekleşebilmesi için şu koşulun sağlanması gerekir.

$$F \geq F_e + F_v + T_1 + T_2'$$

$$F \geq \delta \sigma_B + (E/2H)h^2 \left[ \tan \beta + \mu \sin^2 \beta + \nu(\mu + \cos^2 \beta) \right]$$

Formüldeki ( $F_e$ ) bıçak kenarı tarafından kesilen materyalin reaksiyon kuvvetidir. Bu reaksiyon kuvveti aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$F_e = \delta l \sigma_B$$

Burada;

$\delta$  = Bıçak keskin kenarının kalınlığı (Yaklaşık 50 – 150  $\mu m$ )

$l$  = Bıçak keskin kenar uzunluğu

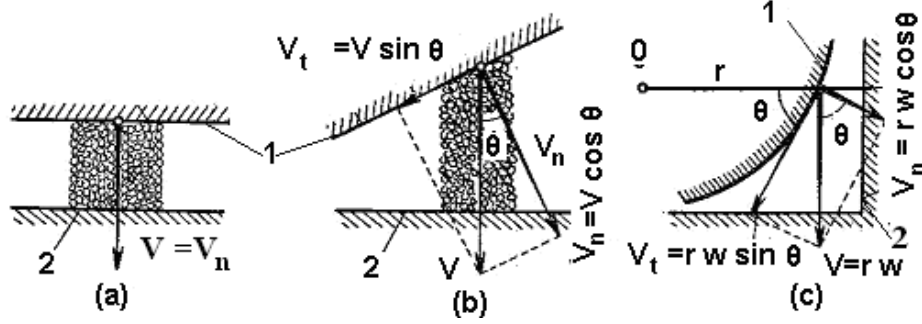
$\sigma_B$  = Kesme sırasında materyaldeki gerilmedir (Mısır için 250–500 daN/cm<sup>2</sup>)

Bıçakla kesmede bıçak yüzüne her iki taraftan sürtünme olur. Bu kuvvetleri ( $T_1, T_2$ ) azaltmak için bıçak bir boşluk açısı ile cisme etki etmelidir. Böylece materyalin bıçağın eğik yanındaki bileşeni plastik deformasyona uğrarken, boşluk açısının verildiği diğer yüzeyde çok az bir deformasyon ortaya çıkar. Bıçakla kesme sırasında kesilen maddenin plastik deformasyonunu ve bıçağın iki yüzeyindeki sürtünmeyi azaltmak için  $\beta$  ve  $\varphi$  açıları olabildiğince küçük tutulmalıdır.  $\beta$  açısının küçük seçilmesi bıçağın dayanımı ile sınırlıdır, ayrıca kesme işlemi sırasında sabittir ve değiştirilemez.  $\varphi$  açısını değiştirmekle bıçakla cisim arasındaki kaymayı (sürtünmeyi) azaltabiliriz. Bıçak yüzeylerinin yağlanması sebebi budur. Bıçakla kesme olayını gerçekleştirebilmek için;

1. Bıçağın yapıldığı malzeme, kesilecek malzemeden daha sert olmalıdır.
2. Malzemenin tam olarak kesilebilmesi için bıçağın keskin kenarı, malzemenin enine kesitini baştanbaşa kat etmeli,
3. Kesilen malzeme, bulunduğu yerde hareketsiz durmalı,

4. Bıçak belirli bir hızla hareket etmelidir.

Bıçakla kesmede, bıçak kesme hızı ve bıçağın kesilecek materyal ile karşı bıçağa göre konumu farklı olabilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kesilen materyal ve bıçakla ilgili olarak kesme ağzının üç farklı konumu (a. Dik, b.Eğik, c.Değişken eğik, 1. Bıçak ağızı, 2.Karşı kesme ağzı, O.Anlık dönme merkezi, r.Anlık yarıçap,  $V$  = Bıçak hızı,  $V_n$ =Kesme hızının dikey bileşeni,  $V_t$ =Kesme hızının yatay bileşeni) (Kanafojski ve Karwowski 1976).

Bu durumlarda bıçakla kesmede keskin kenar hızının ( $V$ ) yönü, keskin kenara dik, yani  $V = V_n$  olabildiği gibi keskin kenar belirli bir açı altında hareket edebilir. Bu durumda bıçağın kesme hızı iki bileşene ayrılır ve kesme açısının değeri  $\tan \theta = V_t / V_n$  olur.  $\tan \theta$  değeri Goryachkin tarafından kaymalı kesme katsayısı ve  $\theta$  da kaymalı kesme açısı olarak tanımlanmıştır.

Bıçakla kesmede, kesilecek malzeme üzerine etkileyen bıçağın özgül bıçak basıncı;

$$p = \frac{k}{\tan \theta} \text{ olur.}$$

Burada;

$p$  =Özgül bıçak basıncı (kp/cm ve ya N/cm),

$k$ =Bıçağın keskin kenarı ve materyalin kesme dayanımını içeren bir katsayı,

$\theta$ =Kesme açısıdır.

Kesmenin oluşumunda  $\theta=90^\circ$  olduğunda,  $P=0$  (k sabit) olur.  $\theta=0^\circ$  ise  $\tan\theta =0$  halinde kaymalı kesme işlemi yoktur.  $\theta=10^\circ$  ise  $\tan\theta =0,17$  durumu traş olmada uygulanır.  $\theta=20^\circ$  ise  $\tan\theta =0,36$  lahanaya, hıyar vb. maddelerin kesilmesinde uygulanır.  $\theta=70^\circ$  ise  $\tan\theta =2,75$  tırpanla kesme durumu verir.

Herhangi bir cismin bıçakla kesilmesindeki basınç ( $N/mm^2$ ) aşağıdaki gibidir.

$$P = \frac{F}{l \delta}$$

Burada;

$F$  = Uygulanan kuvvet (N)

$l$  = Bıçak kesme uzunluğu (mm)

$\delta$  = Bıçak ağız kalınlığıdır (mm).

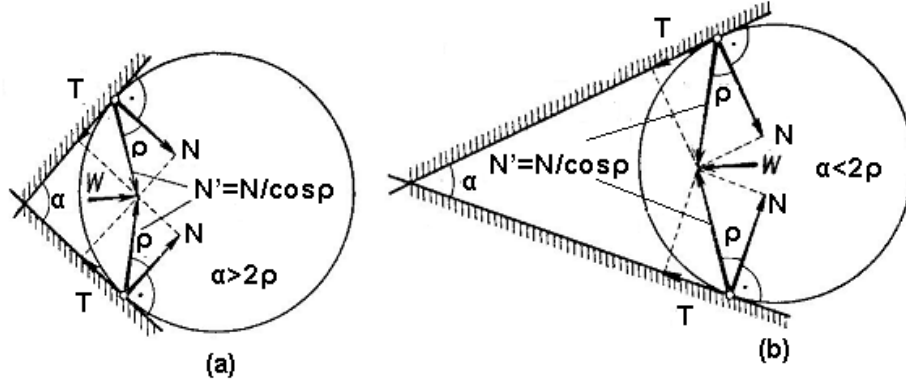
Bıçak uzunluğu sabit kalırsa basınç, kuvvet ile doğru ve bıçak ağız kalınlığı ile ters orantılıdır.

Yem bitkileri hasadında, tırpan, orak ve benzeri aletlerle yapılan biçme işlemleri bıçak kesme yöntemiyle gerçekleşir. Bıçağın keskin kenarı büyüteçle incelendiğinde düz olmadığı az çok girintili çıkıntılı yani tırtıklı olduğu görülür. Bıçakla kesmede de düz görünen keskin kenar ince bir testere etkisi gösterdiğinden kayma halindeki kesme, testere ile kesme gibi kabul edilebilir. Düşey hareket eden bir testere ağız incelenirse başının nispeten uzun bir kenar üzerine dağıldığı görülür. Bu nedenle keskin kenarın özgül basıncı az olur.

Basınç altında şeklini kolay kaybeden yumuşak taze ekme, domates vb. materyal, bıçağın yalnız düşey hareketi ile ya çok zor kesilir ya da hiç kesilmez. Buna karşılık dişli bıçak ağız meyilli olarak çekilirse basınç daha kısa bir kenar üzerinde toplanır. Bıçağın eğimi arttıkça basıncın toplandığı uzunluk da o oranda kısalır ve bu şekilde yumuşak cisimler daha kolay kesilirler.

**Makas kesme yöntemi:** Makas kesme yönteminde bıçak kesmenin aksine kesilecek materyal iki kesici ağız arasında sıkıştırılarak kesilir. Makas kesmede kesici ağızlar arasında belirli bir açının ( $\alpha$ ) bulunması

gerekir. Bu açının değişimine göre kesici ağızların materyali kesme etkinliği de değişmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Makaslama kesmede kesici ağızlar arasındaki açının kesmeye etkisi (a. Kesme yok, b. Kesme var) (Kanafojski ve Karwowski 1976).

Makaslayarak biçmede biçilecek ürün iki bıçak arasında makaslanarak biçilir. Bu biçme yönteminde çarpma kesmede olduğu gibi bitki ataletinden yararlanmaya gerek yoktur. Ayrıca burada bıçak hızı, çarpma kesmede kullanılan bıçak hızından daha az olabilir. Yalnız çayır otlarının biçilmesindeki bıçak hızı, kuru ve eğilmeye dayanıklı hububatın biçilmesindeki bıçak hızından daha büyük olması gerekir.

Şekil 2.4'de görüldüğü gibi kesilecek materyal ile kesici ağız arasındaki (T) sürtünme (teğetsel) kuvveti ve keskin kenara dik (N) normal kuvvetinin bileşke kuvveti olan  $N'$  nün durumuna göre kesme gerçekleşir veya gerçekleşmez.

Kesici ağız ile materyal arasındaki sürtünme açısı ( $\rho$ ), ( $N'$ ) bileşkelerinin toplam bileşkesi ( $W$ ) olsun. İki kesici ağız arasındaki materyalin kesilebilmesi için ağız açısı ( $\alpha$ ) ile sürtünme açısı ( $\rho$ ) arasındaki ilişkiye göre kesme işlemi gerçekleşir veya gerçekleşmez. Kesici ağızlar arasındaki açının  $\alpha > 2\rho$  durumu için toplam bileşke kuvveti ( $W$ )'nun yönü dışa doğru olur ve materyal bıçak ağızından dışarıya doğru hareket edeceğinden kesilme gerçekleşmez (Şekil 2.4a).

Buna karşın  $\alpha < 2\rho$  durumunda toplam bileşke kuvveti  $W$ ' nun yönü içeri doğru olduğundan materyal içeri doğru çekilir ve kesme işlemi gerçekleşir (Şekil 2.4b). Parmaklı ve üçgen yapraklı bıçakların kenarları

düz olanlarda sürtünme açısı  $\rho=17^\circ$  ve tırtıllı olanlarda  $\rho=25^\circ$  olması istenir. İyi bir kesmenin gerçekleşmesi için ideal olan  $\alpha=38^\circ$  olmasıdır.

**Kombine kesme yöntemi:** Kombine kesme yöntemi yeşil yemler ve hububat saplarının kesilmesinde kullanılan hasat makinalarında kullanılır. Burada materyalin kesilmesinde hem bıçak kesme ve hem de makas kesme yöntemleri birlikte etki eder. Kombine kesme işleminde sabit iki bıçak arasında gidip gelme hareketi yapan bir bıçak çalışır. Hareketli bıçağın kesme işlemini tam olarak yapabilmesi için belirli bir hıza sahip olması gerekir. Gidip gelme hareketindeki ortalama hız, yumuşak materyalin kesilmesinde (yeşil ot, çayır vb.), kuru ve sert materyalin (hububat) kesilmesine oranla daha yüksek olmalıdır. Çünkü sert ve kuru materyalin ataleti daha fazladır, makaslama etkisi altında materyal kolayca makas ağızları arasında sıkışır ve kesilir. Yumuşak materyal makas ağızları arasında kayarak ezilir ve kesilmesi güçleşir.

**Çarpma kesme yöntemi:** Çarpma kesme ya da serbest biçme, kesici organın herhangi bir cismi destek kullanmadan kesme durumudur. Bu kesme yönteminde karşı bıçak yoktur. Biçilme sırasında, kesilme olmadığı için ürün bükülür. Kesilmenin gerçekleşebilmesi için, ürünün eğilmeye karşı dayanıklılığının kesme yapabilmek için gerekli olan kuvvetten daha büyük olması gerekir. Biçilecek ürünün eğilmeye karşı dayanıklılığı ne kadar büyük ve bıçağın kesme kuvveti ne kadar küçük olursa, serbest biçme işlemi o kadar iyi gerçekleşir.

Bu yöntemde karşı kuvvet ya da reaksiyon kuvveti materyalde meydana gelir. Çarpma kesmede, kesme mukavemetinin azaltılması için bıçağın kam açısı ayarlanır. Buna örnek tırpan verilebilir. Ürünün eğilmeye karşı dayanıklılığı ise, büyük biçme hızı ile sağlanır. Bu durumda üründe bir atalet kuvveti oluşur ve ürün eğilmeye vakit bulamadan kesilir. Buna örnek olarak da döner bıçaklı çayır biçme makinesi verilebilir.

Kesme şekillerinin ayrı ayrı veya birlikte kullanılması sonucunda iki ana biçme düzeni oluşturulmuştur. Bunlar;

- a) Çarparak biçme
- b) Kombine biçmedir.

Biçme düzenleri ile çalışmada tarım tekniği yönünden bu makinalardan istenen özellikler şu şekilde sıralanabilir.

- a) Çeşitli sıklıkta ve farklı nemdeki yeşil yem ve hububatı temiz ve düzgün bir şekilde biçebilmeli,
- b) Kesici düzen çeşitli ürünlerin biçilmesi sırasında tıkanmamalı,
- c) Bıçak keskinliği uzun süre korunabilmeli,
- d) Kesme elemanları, toprak ve taşa çarpma anında kırılmaması için yeterli mukavemette olmalı,
- e) Biçme mukavemeti olabildiğince az olmalıdır.

### 2.2.2.Biçme Düzenleri

Hasat makinelerinde kullanılan biçme düzenlerini esas olarak dört grupta toplamak mümkündür. Bunlar;

- a) Bıçaklardan biri hareketli kombine biçme yapan düzen,
- b) Her iki bıçağı hareketli yaprak bıçaklı kombine biçme yapan düzen,
- c) Döner bıçaklı serbest biçme düzeni,
- d) Döner bıçaklı makaslayarak biçme yapan düzenler.

İlk iki tip biçme düzenine sahip makineler alternatif (git-gel) hareketli biçme makineleri olarak da adlandırılır. Bu makinelerde hareketli kesici bıçaklar üçgen şeklindedir ve bir lama üzerine perçinlenmişlerdir. Ayrıca karşı bıçak görevini yapan parmak ve üzerinde parmak yaprağı bulunur. Bu nedenle bu düzenler parmaklı üçgen yaprak bıçaklı biçme düzeni olarak da adlandırılır.

Makinelerin dar ve geniş sıralı olan tipleri vardır. Sıra aralıkları yaklaşık 70-76-85 cm ve 90- 96-100 cm'ye ayarlanabilen 2, 4 veya 5 sıralı olan kendi yürür makineler yaygın olarak kullanılan tipler olmakla birlikte 65 cm ve 90 cm sıra aralığında 2 veya 4 sıralı çekilir ya da kendi yürür tipte olanlar makineler de vardır (Şekil 7.5. ve Şekil 7.6). Bu tip pamuk hasat makineleri ile çalışmada tarla hazırlığının iyi yapılması, makinanın iyi seçilmesi ve kullanımın usulüne uygun yapılması toplama etkinliğini ve pamuk temizliğini artırır.



