

Bulanık Mantık Kontrollü Silo Otomasyon Sistemi Tasarımı

Uğur Fidan¹ ve Serkan SATUK²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, 03030, Afyonkarahisar
e-posta: ufidan@aku.edu.tr

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Ana Bilim Dalı, 03030, Afyonkarahisar
e-posta: serkansatuk@hotmail.com

Geliş Tarihi: 28 Kasım 2011; Kabul Tarihi: 15 Ocak 2012

Anahtar kelimeler

Silo Sistemleri, Bulanık Mantık, Alım, Satış, Transfer, İlaçlama, Havalandırma, Hububat

Özet

Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile birlikte, gelecekte insanlığın iki temel ihtiyacının su ve buğday olacağı görülmektedir. Yapılan araştırmalar, dünya genelinde yılda yaklaşık 13 milyon ton tahılın yanlış depolama nedeniyle, yaklaşık 100 milyon ton tahılın ise zararlılar nedeniyle kayıp olduğunu göstermektedir. Bu makalede, mevcut silo otomasyon sistemlerinden farklı olarak bulanık mantık kontrolü ile ilaçlama, transfer, havalandırma vb işlemlerini yapan hava kompresörlü silo otomasyon sisteminin tasarımı ve uygulaması sunulmaktadır. Bu çalışma sonucunda silolarda depolanan hububatın sıcaklık ve nem değerleri elektronik devre aracılığıyla ölçülmüş ve PC yazılımı aracılığıyla hububatın uygun sıcaklık ve nem değerlerinde saklanması sağlanmıştır. PC yazılımı aracılığıyla hububat alımı, satışı, transferi ve ilaçlama işlemleri raporlandırılarak silo otomasyon sistemi gerçekleştirilmiştir.

Designing of Silo Automation Control System with Fuzzy Logic Controller

Abstract

With global warming and climate change, water and wheat is expected to be two basic needs of humanity in the future. Researches show that loses, nearly 13 million tons due to improper storage of grain, nearly 100 million tons of grain due to pests per year worldwide. In this article, differently the existing silos of automation systems, design and implementation of the air compressor silo automation system is presented to make operations such as disinfection, transfer, air conditioning via Fuzzy Logic Control. As a result of this study, temperature and humidity values of grain stored in silos were measured via an electronic circuit and it was provided to store the grain at the appropriate temperature and humidity via the PC software. The silo automation system was performed by reporting the intake, sale, transfer and disinfection operations of grain via the pc software.

Key words

Silo Systems, Fuzzy Logic, Intake, Sale, Transfer, Disinfection, Air Conditioning, Grain

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Hububat; buğday, arpa, mısır, yulaf, çavdar, pirinç gibi hasat edilen ürünler ile tohumlarının genel adıdır. Hububat depolaması, ihtiyaç fazlası tahılların değerlendirilmesi maksadı ile bir plan dâhilinde belli depolarda çeşitli şekillerde stok edilmesi işlemidir. Tahılları depolamanın amacı; ürünün depolandıktan, tüketime verilinceye kadar kıymet kaybına uğramadan en iyi şekilde saklanmasıdır. Hububat depolamasında karşılaşılan sorunlar genel olarak; koku, kızışma, küflenme, çimlenme, çürüme, tutukluk, yanma ve haşereleşmedir (MEB, 2010).

Hububatın depolanması sırasında uygun olmayan nem ve sıcaklık değerleri üründe bozulmayı hızla başlatır (Dizlek, Gül, ve Kılıçdağı, 2008). İyi ve uzun süreli bir depolama için, silo içerisine stoklanan ürünün rutubeti çok önemlidir. Bu oran % 14 ve altında olmalıdır (TMO, 1989). Depolanan hububatın daha uzun süre ve kalitesi bozulmadan depolamak için birçok etken vardır; fakat bunlardan en önemlisi deponun teknik yapısının inşaat kurallarına uygun olması ve ürünün düşük nem oranında depolanmasıdır (Tutar, 2010).

Depolanan ürünün uygun fiziksel şartlarda olmaması durumunda depolanan tahılda sorunlar meydana gelmektedir. Fiziksel şartları kontrol altında tutabilmek için ahşap, betonarme veya çelik

malzemeden imal edilmiş silolar kullanılmaktadır. Böylece tahıl dış ortamdan izole edilerek depolama koşulları kısmen sağlanmış olur. İhtiyaç durumunda ise siloya aktarılacak olan tahıla ilaçlama da yapılabilir. Silo içindeki tahılda haşereleşmenin olmaması için sıcaklık ve nem değerlerinin belirli sınırlar içerisinde tutulması gereklidir. Bunu sağlamak için geliştirilmiş otomasyon cihazları ile havalandırma fanları çalıştırılarak sıcaklık ve nem kontrol altında tutulabilmektedir. Depolamada siloların tercih edilmesinin birkaç sebebi vardır. Siloların tahılın uzun süre bozulmadan depolanmasına elverişli olması, depolanan tahılın silo boşaltıcıları

vasıtasıyla kolaylıkla boşaltılabilmesi, silolar arasında aktarımının kolay olması ve bunun için fazla personele ihtiyaç duyulmamasıdır. Böylece işçilikten ve zamandan tasarruf edilmiş olur (MEB, 2010). Bu amaçla kullanılmak üzere Türkiye’de sadece TMO’ya ait toplam 495.000 ton kapasiteli yatay depolar ve 1.282.030 ton kapasiteli iç silolar bulunmaktadır (TMO, 2010). TMO silolarında 1998 ile 2009 yılları arasında depolanan tahıl tür ve miktarları Çizelge 1’de görülmektedir. Bu çizelge ortalama yıllık 1.500.000 ton tahılın uygun depolanması sonucunda elde edilecek tasarrufun önemini açıkça göstermektedir.

Çizelge 1. Haziran Ayı Sonunda Devreden Depo Stok Miktarları (TMO 2010).

YILLAR	EKM. BUĞDAY	MAK. BUĞDAY	BUĞDA		ÇAVDAR	YULAF	MISIR	ÇELTİK	PİRİNÇ	FINDIK	TOPLAM
			Y TOPLAM	ARPA							
1998	1.429.744	391.764	1.821.508	191.906	53.283	3.648	45.389	20.249	7.78	-	2.143.763
1999	1.456.202	718.074	2.174.276	136.436	69.797	12463	5.954	13.758	6.425	-	2.419.109
2000	1.338.932	444.913	1.783.845	135.853	431	5.977	66.304	13.94	6.304	-	2.012.654
2001	1.613.659	220.089	1.833.748	219.41	2.406	291	0	18.181	8.015	-	2.082.051
2002	129.791	946.955	1.076.746	501.874	7.166	111	9	6.171	17.504	-	1.609.581
2003	127.34	831.834	959.174	192.352	22.413	2302	287	28.062	11.198	-	1.215.788
2004	346.336	898.929	1.245.265	16.271	0	0	17.074	64.18	4.16	-	1.346.950
2005	436	699	1.135.000	26.496	1.599	0	417.487	13.456	3.032	-	1.597.070
2006	486.966	50.665	537.631	223.784	8.104	4.854	6.19	10.863	1.669	-	793.095

Çizelge 1. Devamı

2007	188.70	2.405	191.10	62	0	0	47.71	27.6	2.119	88.428	357.09
	1		6					67			2
2008	319.93	2.461	322.39	5	0	0	23.65	1.66	1.356	353.32	702.38
	2		3				1	1		2	8
2009	527.99	76.125	604.11	33.37	0	0	705.4	484	22.01	517.00	1.882.4
	1		6	6			7		5	0*	61

(*) 19.08.2009 tarihi itibariyle fındık stok rakamlarıdır.

helezonu aracılığıyla ürün kamyonu boşalır. Satış

2. Silonun İşletilmesi

Türkiye'deki hububat depolama sistemleri çok çeşitlilik göstermekle birlikte genel çalışması birbirine benzemektedir. Burada, Toprak Mahsulleri Ofisi Aksaray Şube Müdürlüğü'ne ait çelik siloların çalışması örnek alınmıştır. Genel çalışma prensibi Şekil 1'deki gibidir. Alım işlemi yapılacağı zaman hububat dolu araç kantara girer, brüt ağırlık not edilir. Daha sonra araç, ürün boşaltım noktasına gider. Gelen ürün çeşidine göre hububat hangi kuyuya boşaltılacaksa, üst götürücü bant o kuyunun ağızına ayarlanır. Kumanda odasından gerekli mekanik aksam çalıştırılır. Bu arada araç, ürünü boşaltır. Ürün, kovalı elevatöre iletilir. Kovalı elevatör veya dik helezon vasıtasıyla ürün yukarı çıkarılırken 100 kg'da veya 200 kg'da bir 1 tumba atan ayrı bir kantara dökülür. Bu kantar ürünü üst götürücü banda boşaltır. Böylece banda aktarılan ürün ilgili kuyuya boşalır. Araç ürünü tamamen boşalttıktan sonra ikinci kez kantara girerek darası tartılır ve net alınan ürün miktarı kaydedilir.

Satış işleminde; işleme başlamadan önce kamyon kantara girer ve darası tartılır. Daha sonra kamyon boşaltım helezonunun altına girer. Hangi kuyudan ürün satılacaksa o kuyunun altını görevli personel açar (beton silolarda teleskop denilen tekerlekli alet kuyu altına götürülür). Kumanda odasından gerekli mekanik aksam çalıştırılır. Kuyu altındaki götürücüye (genellikle zincirli konveyör) akan ürün kovalı elevatör vasıtasıyla yukarıya çıkar. Yukarıda satış kantarına dökülür. Satış kantarından boşaltım

kantarı genellikle yaklaşık 600 kg'da bir 1 tumba (bu ağırlık değişiklik gösterebilir) ürün tartar ve örneğin 18 ton ürün satılacaksa tumba sayısı $18.000 \text{ kg} / 600 \text{ kg} = 30$ tumba olarak belirlenir ve tumba sayısı hedeflenen tumbaya ulaştığında sistem durdurulur. Satılan ürünün gerçek ağırlığı ise kamyonun dolu bir şekilde tekrar kantara girmesi sonucunda belirlenir.

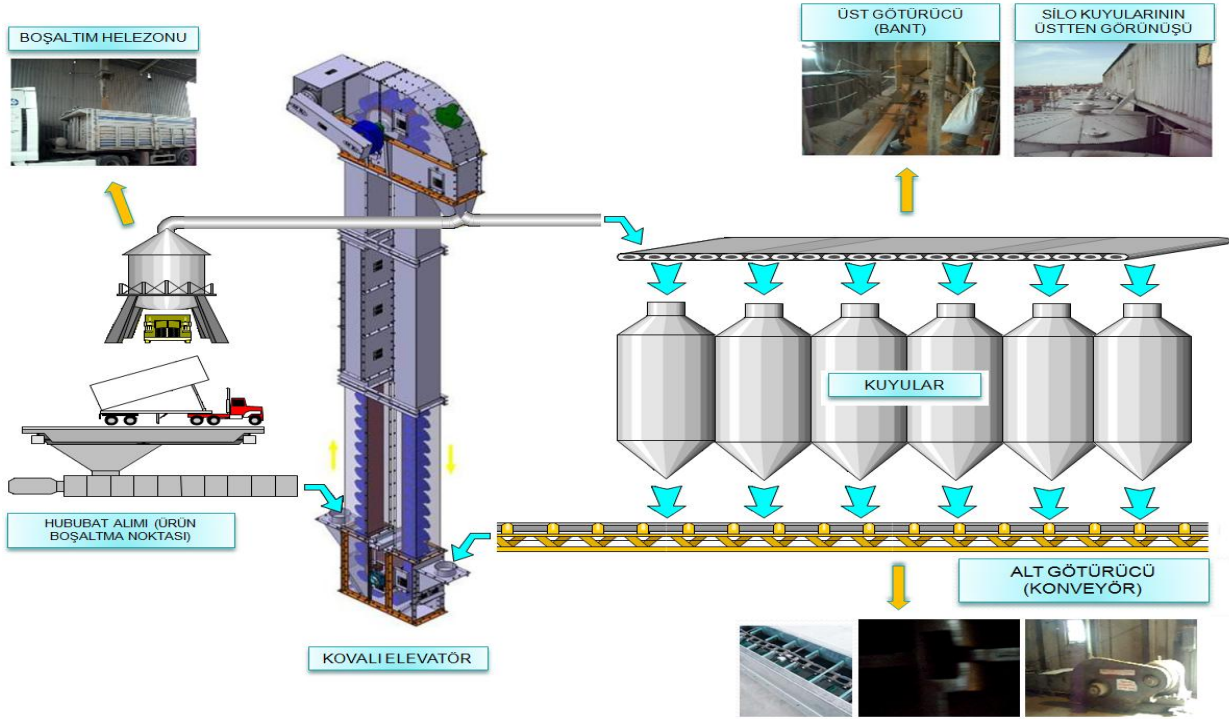
Transfer işlemi genellikle bir kuyudan diğerine ürün aktarımı amacıyla veya havalandırma sistemi bulunmayan silolarda doğal havalandırma yaparak kuyunun içindeki ürünün her bölümündeki ısı ve nem miktarının eşitlenmesi amacıyla yapılır. Bazen de ürünün haşereleşmesini önlemek için ilaçlama amacıyla transfer yapılabilir. Transfer veya ilaçlamaya ihtiyaç duyulduğunda, görevli personel ilgili kuyu altını açar (veya ilgili kuyu altına teleskopu götürür) ve yine üst götürücü bant aktarım arabasını kuyu üst ağızına gelecek şekilde ayarlar. Kumanda odasından ilgili mekanik aksam çalıştırılır. Ürün kuyu altından konveyöre dökülerek kovalı elevatör aracılığıyla yukarı çıkar, burada üst götürücü banda dökülerek tekrar üst kuyu ağızından ilgili kuyuya dökülür.

2.1. Silo Otomasyonu

Türkiye'deki silo otomasyon sistemlerinin büyük kısmı manuel kumanda şeklinde olmakla birlikte son yıllarda üretilen silo sistemleri genellikle PLC tabanlı olmak üzere SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition = Üst Seviye Kontrol ve Veri

Kazanımı) ve HMI (Human Machine Interface = İnsan Makine Arayüzü) aracılığıyla kontrol edilmektedir.

Manuel kontrollü silo sistemlerinde, silonun çalıştırılması, içindeki ürünlerin havalandırılması gibi işlemler genellikle personel kontrolüyle yapılmaktadır. Personel, kumanda odasından her motoru ayrı ayrı çalıştırır.



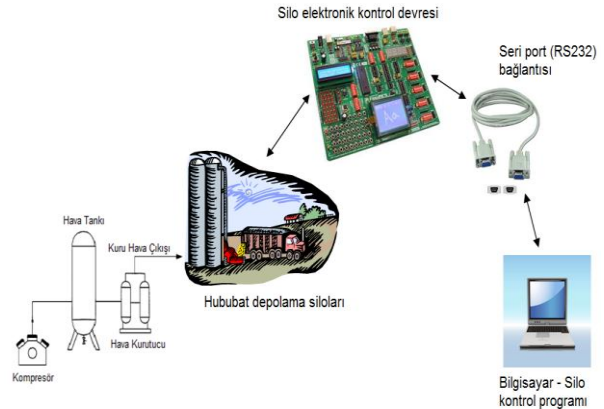
Şekil 1. Silonun Çalışma Prensi Şeması

Silo sistemlerinin mekanik aksamlarında Türkiye’de halen kovalı elevatör, zincirli konveyör gibi ekipmanlar kullanılmaktadır. Bazı liman silolarında (Antalya gibi) pünomatik sistemler mevcuttur. Dünyada hububat depolama işlemlerinin büyük bir çoğunluğu artık pünomatik sistemler vasıtasıyla yapılmaktadır. Silo kuyularında depolanan ürünlerin sıcaklığı, nemi vb. değerleri artık yeni sistemlerle ölçülmeye başlamıştır. Silo kuyularına hububat alımı ve silodan hububat satışı için kovalı elevatör, zincirli konveyör, götürücü bant gibi ekipmanlar kullanmak, hem bakım onarım maliyetlerinin yüksek olması hem de kontrolü açısından zor olması sebebiyle artık ürün alımı, satışı ve transferini hava basıncıyla yapmak tercih edilmelidir.

3. Malzeme ve Yöntem

Bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sisteminin blok diyagramı Şekil 2’de görülmektedir.

Gerçekleştirilen sistemde hububat depolama silolarına kurutulmuş basınçlı hava ile alım, satış, transfer ve ilaçlama işlemlerini, uzman personel ihtiyacını en az sayıya indirerek gerçekleştirebilmek amacıyla bir adet elektronik kontrol kartı ile bütün işlemlerin bilgisayardan gözlemlenip kontrol edilebildiği bir bilgisayar yazılımı hazırlanmıştır.



Şekil 2. Bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sisteminin genel blok diyagramı

Yazılım, elektronik kart ile bilgisayarın seri portu üzerinden haberleşmektedir. Yazılımla elektronik kart arasındaki haberleşmede seri portun tercih edilmesinin sebebi, silo kontrolü için yeterli hıza sahip olması, güncelliğini koruması, program yazımının kolaylığı ve donanım maliyetlerinin çok düşük olmasıdır. TMO'da mevcut çelik siloların çalışması örnek alınarak, çelik siloların pnömatik sisteme dönüştürülmesi hedeflenmiş ve bu şekilde bir silo maketi hazırlanmıştır.

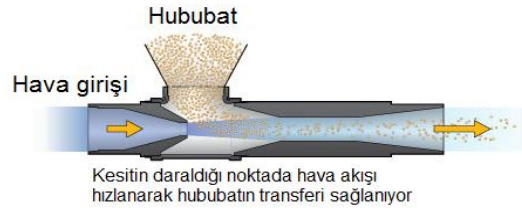
3.1. Silo Maketinin Tasarlanması

Silo maketinin iskeleti ahşaptan yapılmış olup silo kuyuları yerine 19 lt'lik su damacaneları kullanıldı. Öncelikle damacanalara uygun olacak şekilde bir iskelet oluşturuldu ve damacanalara baş aşağı çevrilerek iskelet üzerine oturtuldu. Sistemin devamında akış boruları, servo motorlar ve piyasadan temin edilen plastik malzemelerle tartı deposu, üst bunker gibi kısımlar yapıldı (Şekil 3).



Şekil 3. Silo maketi

Silo kuyuları altında bulunan huninin bir tarafından hava verildiğinde diğer tarafından hububatı yukarı taşıyabilmesi için venturi denilen malzemedeki çalışma mantığı T boruya uygulandı (Şekil 4).

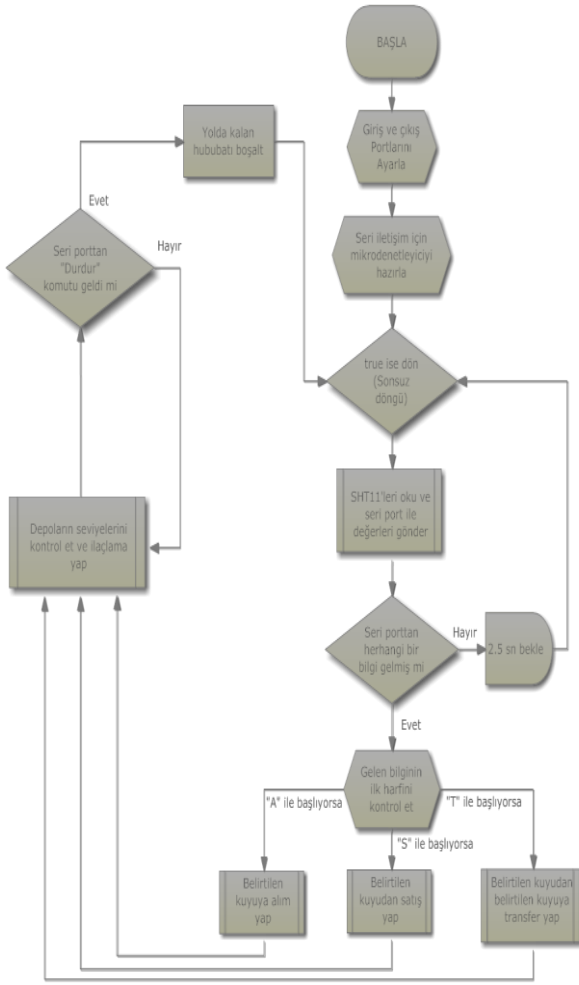


Şekil 4. Venturi

Hava kompresörü ile yapılan denemeden sonra kamyon boşaltma kısmının altına elektronik devreleri yerleştirmek için bir bölüm yapıldı. Elektronik devreler bu bölüme yerleştirildi. Sensörler (lazer – ldr ikilileri) bunkere ve tartı deposuna birbirlerini tam karşılıklı görebilecek şekilde yerleştirildi. Tartı deposunun yan tarafına ilaçlama ünitesi yerleştirildi ve tartı deposu içine ilacı püskürtecek şekilde konumlandırıldı.

3.2. PIC Yazılımının Tasarlanması

PIC yazılımı için Mikroelektronika firmasının MikroBasic derleyicisi kullanılmıştır. Bu derleyicinin seçilmesindeki nedenler, Basic dilinin kullanımının rahat olması, MikroBasic'in kütüphanelerinin geniş olması, derleyicinin güncel olması ve sürekli güncellenmesi olarak sıralanabilir. Mikrodenetleyici olarak PIC18F452 kullanılmıştır. PIC yazılımına ait akış diyagramı Şekil 5'de verilmiştir.

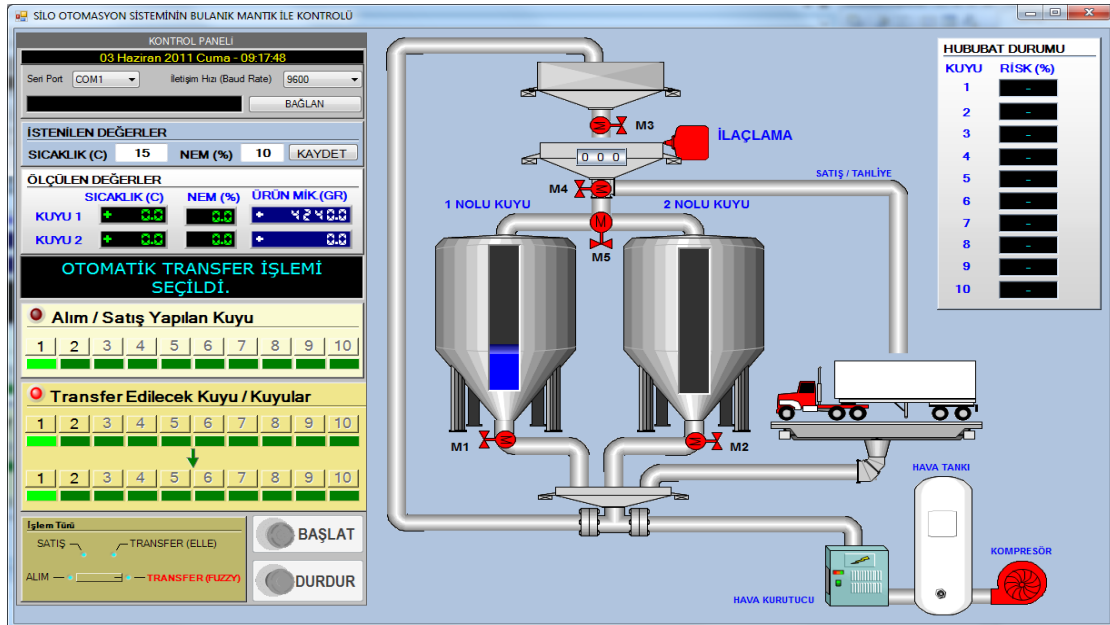


Şekil 5. PIC Yazılımı Akış Diyagramı

3.3. PC Yazılımının Tasarlanması

PC arayüz yazılımı Microsoft Visual Studio 2008 içindeki Visual Basic derleyicisi ile geliştirilmiştir. Bu derleyicinin seçilmesindeki nedenler; görsel programlama dilleri içerisinde popülerliğini koruması, dil yapısının kolay, sade ve anlaşılır olması, ilave bileşenlerin rahatlıkla kullanılabilmesi, veri tabanı bağlantılarındaki kolaylıklardır.

Program arayüzü Şekil 6'da görüldüğü gibidir. Arayüzün sol tarafında, bütün işlemlerin yapılabileceği, elektronik devreye komut gönderip değerler alınabileceği bir kontrol paneli bulunmaktadır.



Şekil 6. PC Programının Arayüzü

Elektronik devre ile bağlantı kurabilmek için öncelikle seri port ayarlarının yapılması gerekir. Bunun için "Seri Port" kısmından elektronik devrenin bilgisayara bağlı olduğu port seçilir, daha

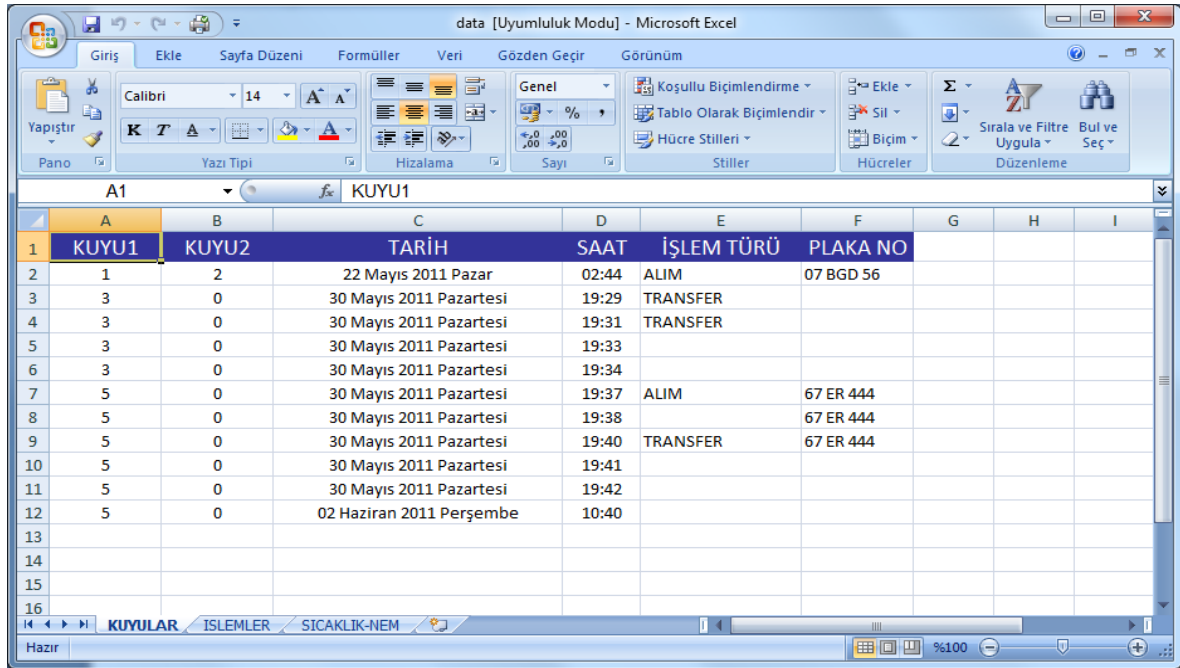
sonra iletişim hızı seçilir. PIC yazılımı 9600 bps (Baud Rate) değerinde çalışmaktadır. Uygun ayarlar seçildikten sonra "Bağlan" düğmesine tıklanır. Bağlantı başarılı ise, elektronik devreden okunan

sıcaklık ve nem değerlerinin gelmesi ve PC arayüzünde gösterilmesi gerekir.

PC programı, otomasyonla ilgili alınan her veriyi (sıcaklık, nem) ve yapılan her işlemi (alım, satış, transfer vb.) otomatik olarak Excel dosyasına (**data.xls**) kaydetme özelliğine sahiptir (Şekil 7).

Kuyulardaki ürün miktarları Excel dosyasından okunarak ekranda gösterilir. Excel dosyasının "**Kuyular**" sayfasında kuyulardaki mevcut ürün miktarları saklanır. "**İşlemler**" sayfasında otomasyon programı aracılığıyla yapılan her türlü işlem; tarih ve saat bilgisi ile birlikte kaydedilir. "**Sıcaklık-Nem**" başlıklı sayfada ise kuyularda bulunan hububatin sıcaklık değerleri ve nem oranları otomasyon programı çalıştığı müddetçe belirli aralıklarla kaydedilir.

Program arayüzünde, Seri Port ayarının hemen altında "**İstenilen Değerler**" isminde bir bölüm olduğu görülür. Bu bölümde, kuyu içerisindeki hububatin hangi sıcaklık ve mutlak nem değerlerinde muhafaza edilmesi gerekiyorsa, o değerler girilerek "**Kaydet**" düğmesine tıklanır. Bulanık mantık kontrolcüsü, bu değerlere göre işlem yapacaktır. Ölçülen değerler bölümünün hemen altında yer alan mesaj penceresi ise, o an için program arayüzünde veya silo otomasyonunda (çalışması sırasında) yapılan işlemleri mesaj olarak gösterir. Mesaj penceresinin alt kısmında bulunan bölüm ise, hangi kuyuya alım yapılacağına, hangi kuyudan satış yapılacağına veya hangi kuyudan hangi kuyuya transfer yapılacağına seçilerek, elektronik devreye ve dolayısıyla silo sistemine komutların gönderildiği bölümdür. Bu bölümde bulunan "**Başlat**" düğmesi seçilen işlem türüne



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	KUYU1	KUYU2	TARİH	SAAT	İŞLEM TÜRÜ	PLAKA NO			
2	1	2	22 Mayıs 2011 Pazar	02:44	ALIM	07 BGD 56			
3	3	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:29	TRANSFER				
4	3	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:31	TRANSFER				
5	3	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:33					
6	3	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:34					
7	5	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:37	ALIM	67 ER 444			
8	5	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:38		67 ER 444			
9	5	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:40	TRANSFER	67 ER 444			
10	5	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:41					
11	5	0	30 Mayıs 2011 Pazartesi	19:42					
12	5	0	02 Haziran 2011 Perşembe	10:40					
13									
14									
15									
16									

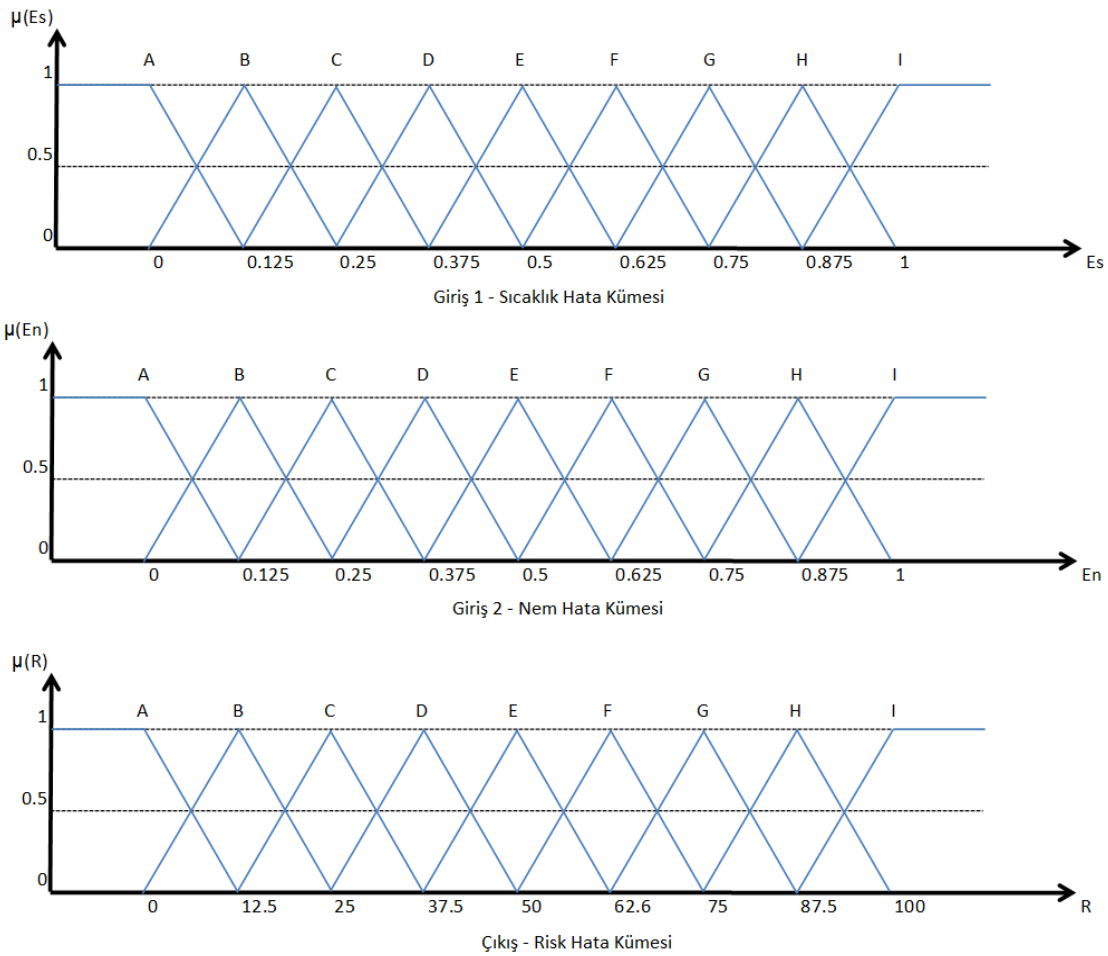
Şekil 7. Verilerin kaydedildiği Excel dosyası

Alım/Satış/Transfer/Transfer (Fuzzy)) göre aktif veya pasif olmaktadır. Görevi seçilen işlem türüne göre elektronik devreye komut göndererek otomasyon işlemlerini başlatmaktır. Ayrıca bu düğme, seri port üzerinden bağlantı kurulmadığı sürece aktif olmayacaktır. "**Durdur**" düğmesi ise başlanmış bir işi sonlandırmak için kullanılır. Program çalıştırıldığında işlem türü varsayılan olarak Transfer (Fuzzy) seçili olarak açılır. Transfer (Fuzzy) seçili ise program bu kısımda, ölçülen

değerlere ve istenilen değerlere göre bulanık mantık kural tablosunu işletir. Şayet transfer ve havalandırma yapılması gereken bir durum oluşursa o zaman devreye kendisi komut göndererek işlemleri yapar ve sonlandırır. Program arayüzünde sağ üst bölümde "**Hububat Durumu**" gösterilir. Burada durum, kuyu içindeki hububatin sağlık durumunun (sıcaklık-nem değerlerine göre) bulanık mantık kuralları sonucu oluşturulmuş yüzdesele risk durumudur. Program arayüzünün orta

yani hububatin sağlık durumu hakkında yuzdesel risk durumunu hesaplar. Risk değeri yukseldikce hububatin havalandirilma aciliyeti artar. Programda islem turu transfer fuzzy olarak secili iken risk değeri belirlenen bir değerin uzerine ciktiginde (uygulamada bu değer %20 olarak kabul edilmiştir) program otomatik olarak transferi baslatarak urunu havalandirmaya baslar. Havalandirma islemindeki oncelik, risk seviyesi daha yuksek olan kuyunundur. Orneđin 1 nolu kuyunun risk seviyesi %20, 2 nolu kuyunun %21 ise oncelikle 2 nolu kuyu havalandirilir. Urun havalandirilirken ara ara

sicaklik ve nem değerleri tekrar kontrol edilir ve bulanık mantık kuralları isletilmeye devam eder. İstenilen yuzdesel risk değerine duşunceye kadar (bu değer uygulamada %15 kabul edilmiştir) havalandirma islemi devam eder. Yazılımda bulanık mantık kümeleri oluşturulurken istenen nem ile ölçülen nem değerleri ve istenen sicaklik değerleri ile ölçülen sicaklik değerleri arasındaki farklar (hata değerleri) göz önüne alınmış ve uzman yardımı ile kural tablosu oluşturulmuştur. Yazılımda kullanılan bulanık kümeler, şekil 9'da, kural tablosu ise Çizelge 2'de gösterilmiştir.



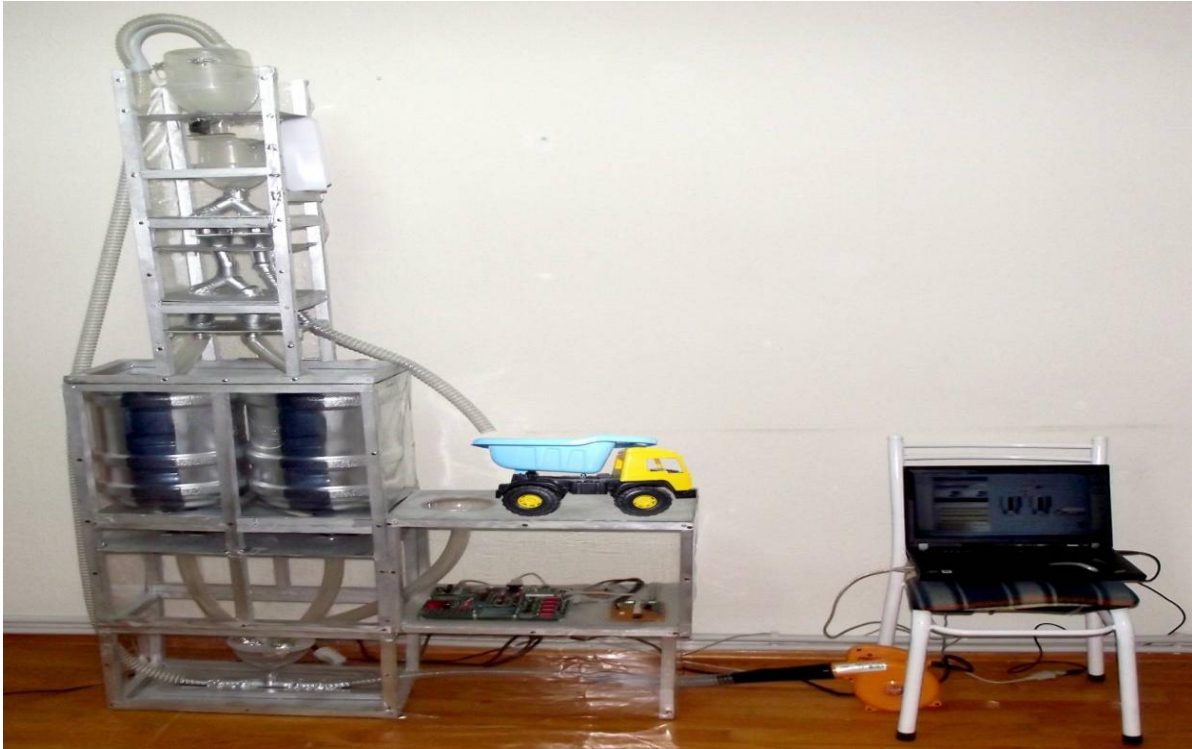
şekil 9. Bulanık Kümeler

Çizelge 2. Bulanık Mantık Kural Tablosu

Es / En	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	I	I	H	G	E	E	F	G	H
B	I	I	H	G	D	D	E	F	G
C	I	I	H	G	C	C	D	E	F
D	I	H	G	F	B	B	C	D	E
E	I	H	G	F	A	A	B	B	B
F	I	H	G	F	B	A	B	B	B
G	I	H	G	F	C	A	B	B	B
H	I	H	F	E	D	A	B	B	C
I	I	H	F	E	E	A	B	C	C

4. Bulgular ve Tartışma

Gerçekleştirilen bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sistemi (silo maketi + elektronik devreler ve PC yazılımı) Şekil 10’da görülmektedir.



Şekil 10. Silo Otomasyon Sisteminin Son Hali

4.1. Alım İşlemi

Alım işlemi için PC yazılımında Seri Port bağlantısı kurulduktan sonra “İşlem Türü” seçeneği “ALIM” konumuna getirilir. “Alım/Satış Yapılacak Kuyu” bölümünde hangi kuyuya ürün alımı yapılacaksa o kuyu seçili hale getirilir. “Başlat” düğmesine tıklandığında, alım yapılacak aracın plakasının girilmesi gerekir. Plaka girildiğinde yazılım, elektronik devreye komut gönderir ve alım işlemi başlar. Alım işlemi PC yazılımında animasyon şeklinde adım adım görünür. Açık konumda olan motorlar yeşil, kapalı konumda olanlar ise kırmızı renkle gösterilir. Tartı deposu üzerinde yer alan tumba miktarı, tartı deposunun maksimum seviyeye ulaştığı anda 1 artar. Alım işlemi tamamlanmak istendiğinde, “Durdur” düğmesine tıklanır. Düğmeye tıklanma işleminden sonra, program yolda kalan hububatın kuyuya aktarılması için belirli bir süre sayar (uygulamada bu süre 30 sn seçilmiştir) ve bu süre sonunda tüm yolları kapatarak alım işlemini sonlandırır.

4.2. Satış İşlemi

Satış işlemi için PC yazılımında Seri Port bağlantısı kurulduktan sonra “İşlem Türü” seçeneği “SATIŞ” konumuna getirilir. “Alım/Satış Yapılacak Kuyu” bölümünde hangi kuyudan ürün satışı yapılacaksa o kuyu seçili hale getirilir. “Başlat” düğmesine tıklandığında, satış yapılacak aracın plakasının girilmesi gerekir. Plaka girildiğinde yazılım, elektronik devreye komut gönderir ve satış işlemi başlar. Satış işlemi PC yazılımında animasyon şeklinde adım adım görünür. Açık konumda olan motorlar yeşil, kapalı konumda olanlar ise kırmızı renkle gösterilir. Tartı deposu üzerinde yer alan tumba miktarı, tartı deposunun maksimum seviyeye ulaştığı anda 1 artar ve tartı deposundaki ürünün satış yapılan araca yüklenmesi için satış yolu açılır. Satış işlemi tamamlanmak istendiğinde, “Durdur” düğmesine tıklanır. Düğmeye tıklandıktan sonra, program yolda kalan hububatın kuyuya geri aktarılması için belirli bir süre sayar (uygulamada bu süre 60 sn seçilmiştir) ve bu süre sonunda tüm yolları kapatarak satış işlemini sonlandırır.

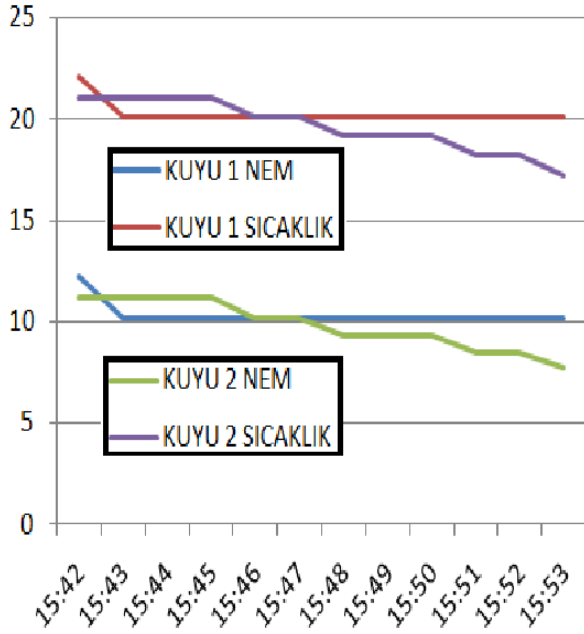
4.3. Transfer ve İlaçlama İşlemi

Depolarda saklanan hububatın sağlıklı olarak muhafaza edilebilmesi için belirli aralıklarla havalandırılması ve ilaçlanması gerekir. Havalandırma ve ilaçlama işleminin yapılabilmesi

için de hububatın bir kuyudan diğerine veya kendi üzerine transfer edilerek aktarılması gerekir. Transfer işlemi için PC yazılımında Seri Port bağlantısı kurulduktan sonra “İşlem Türü” seçeneği “TRANSFER (ELLE)” konumuna getirilir. “Transfer Edilecek Kuyu / Kuyular” bölümünde hangi kuyudan hangi kuyuya ürün transferi yapılacaksa o kuyular seçili hale getirilir. “Başlat” düğmesine tıklandığında, yazılım, elektronik devreye komut gönderir ve transfer işlemi başlar. Transfer işlemi PC yazılımında animasyon şeklinde adım adım görünür. Açık konumda olan motorlar yeşil, kapalı konumda olanlar ise kırmızı renkle gösterilir. Tartı deposu üzerinde yer alan tumba miktarı, tartı deposunun maksimum seviyeye ulaştığı anda 1 artar ve tartı deposunun alt kapağı açılmadan önce hemen ilaçlama işlemi yapılır. İlaçlamanın bitiminden sonra tartı deposunun alt kapağı açılarak ürün transfer edilecek kuyuya boşaltılır ve işlemler bu şekilde devam eder. Transfer işlemi tamamlanmak istendiğinde, “Durdur” düğmesine tıklanır. Düğmeye tıklanma işleminden sonra, program yolda kalan hububatın transferin başlatıldığı kaynak kuyuya geri aktarılması için belirli bir süre sayar (uygulamada bu süre 60 sn seçilmiştir) ve süre sonunda yolları kapatarak transfer işlemini sonlandırır.

4.4. Örnek Uygulama

Silo kuyuları içerisine buğday alımı yapılarak program çalıştırılmış ve durum gözlenmiştir. Kuyu 1 ve Kuyu 2’deki ürün sıcaklık ve nem değerleri yükseldikçe risk durumu artmış ve belirli bir noktada Kuyu 2’deki risk seviyesinin %20’nin üzerinde olması ve riskin Kuyu 1’deki risk değerine göre daha yüksek olması sebebiyle hemen ürün transferine başlanmıştır. Transfer sırasında risk seviyesi %15’in altına ininceye kadar program otomatik olarak sıcaklık ve nem değerlerini ölçerek otomatik olarak Excel dosyasına kaydedilmiştir. Kaydedilen değerler Çizelge 3’deki gibidir. Çizelge 3’deki veriler grafik olarak çizdirildiğinde (Şekil 11) transfer yapılan Kuyu2’deki hububatın sıcaklık ve nem değerlerinin istenen değerlere getirildiği görülür.



Şekil 11. Transfer Sırasındaki Sıcaklık - Nem Grafiği

Türkiye'deki mevcut siloların çok büyük bir kısmında mekanik ve hareketli kısımlar zincirli konveyör, yürüyen bant, kovalı elevatör gibi tamiri, bakımı, revizyonu maliyetli ve çok zor olan

parçalardan oluşmaktadır. Konveyör, elevatör ve helezonlu taşıyıcılarda hububat ancak yatay, dikey veya eğimli olarak taşınabilir. Bu nedenle helezonların, kovalı elevatörlerin ve konveyörlerin sabit zemine montesi şarttır. Bundan dolayı yer ihtiyacı çok fazladır. Yapılan sistemdeki boruların herhangi bir yere sabitlenmesi şart olmamakla birlikte havanın akışı yönünde hububat akacaktır. Sadece boru hattının yönünün ve yerinin değiştirilerek bile farklı yönlere taşıma yapılması mümkün olabilmektedir. Kovalı elevatör, konveyör ve helezon gibi aksamaların bulunduğu sistemlerde ise bu değişiklikler çok zordur.

Kovalı elevatör ve konveyörlü makinalarda bir çok mekanik parça, motor, redüktör ve rulmadan oluşmaktadır ve parça sayısı fazla olduğu için arıza yapma ihtimali yüksektir. Elevatör ve konveyörlerin parça bakımı ve değiştirme işlemleri çok zahmetlidir. Özellikle uzun mesafeli konveyör sistemlerinde sadece rulman değişimi bile çok maliyetli ve zaman alan bir işlemdir.

Çizelge 3. Ölçülen Sıcaklık – Nem Değerleri

TARİH	SAAT	KUYU 1 NEM	KUYU 1 SICAKLIK	KUYU 2 NEM	KUYU 2 SICAKLIK
03 Haziran 2011 Cuma	15:42	12.2	22.1	11.2	21.1
03 Haziran 2011 Cuma	15:43	10.2	20.1	11.2	21.1
03 Haziran 2011 Cuma	15:44	10.2	20.1	11.2	21.1
03 Haziran 2011 Cuma	15:45	10.2	20.1	11.2	21.1
03 Haziran 2011 Cuma	15:46	10.2	20.1	10.2	20.1
03 Haziran 2011 Cuma	15:47	10.2	20.1	10.2	20.1
03 Haziran 2011 Cuma	15:48	10.2	20.1	9.3	19.2
03 Haziran 2011 Cuma	15:49	10.2	20.1	9.3	19.2
03 Haziran 2011 Cuma	15:50	10.2	20.1	9.3	19.2
03 Haziran 2011 Cuma	15:51	10.2	20.1	8.5	18.2
03 Haziran 2011 Cuma	15:52	10.2	20.1	8.5	18.2
03 Haziran 2011 Cuma	15:53	10.2	20.1	7.7	17.2

Konveyör ve elevatör sistemlerine göre çalışan ve hareket eden parça sayısı çok daha az olduğu için havalı taşıma sistemlerinin arıza yapma riski de düşüktür. Tamir ve bakım işlemleri kısa sürede bitirilebilmektedir. Hava kompresörlü sistemde sürtünmeler yok denecek kadar azdır.

Helezon ile taşıma işlemi özellikle mısır, fındık, çekirdek gibi hassas malzemeler için uygun değildir. Bu tip malzemeler helezonun dönen parçaları arasında kolaylıkla sıkışıp kırılabilmektedir. Havalı taşıyıcılarda ise taşınan malzemeye zarar verecek herhangi bir ekipman bulunmamaktadır. Mevcut sistemlerde özellikle yatay ve yarı mekanik depolarda havalandırmalar, depo kenarlarında bulunan birkaç tane havalandırma fanı aracılığıyla yapılmaktadır. Bu fanlar aracılığıyla dışarıdan alınan hava hububatın içerisine hava kanalları aracılığıyla aktarılmakta fakat hububatın her yerinin mümkün mertebe eşit sıcaklık ve nem değerini alması için genellikle çok fazla zaman gereklidir. Ayrıca hava sıcaklığının 0°C'nin altında ve hava nispi rutubetinin de 70'in üzerinde olduğu zamanlarda havalandırma yapılamaması (nem göçünü önlemek için) yine bir dezavantajdır. Bu sistemde havalandırma işlemi için sadece ürünün transfer edilmesi yeterli olacağı gibi, ürün tane tane havalandığı ve borulardan aktığı için neredeyse tek bir havalandırma motoru bile yeterli olacaktır. Ayrıca sistemde, bir hava tankına depolanan hava, istenilen nem ve sıcaklık değerinde tutulabileceği için hububatın havalandırılması sırasında dış etkenler hububatın havalandırılmasına engel olmayacaktır. Hatta ürün daha ilk defa alınıp depoya aktarılırken bile sıcaklık ve nem seviyeleri istenilen değere getirilebilecektir. Ürün transfer edilirken otomatik olarak ilaçlama yapıldığından ürünün haşereleşmesi büyük ölçüde azaltılacak ve bu nedenle yaşanan ürün kayıpları en az seviyeye inecektir.

5. Sonuçlar

Türkiye'deki mevcut siloların (özellikle beton silolar) birçoğu 1950'li yıllarda yapılmış ve büyük kısmında uzman kontrolü ve insan gücü gerekmektedir. Manuel kontrollü silo sistemlerinde, silonun çalıştırılması, içindeki

ürünlerin havalandırılması gibi işlemler personel kontrolüyle yapılmaktadır.

Gerçekleştirilen bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sistemi uzman bilgisini içerdiği için harici personel kontrolüne ihtiyaç duymamakta ve sadece bir iki personel ile alım ve satış işlemlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca kurulum masrafları ve konvansiyonel sistemlere göre çok daha ucuz olup ürün kayıplarını da en aza indirmektedir. Ancak geliştirilen sistem hava tankı ve hava kurutma sistemi kurulması zorunluluğu getirmektedir. Bu durum geliştirilen sistemin gerçekte uygulanabilmesi için mevcut sistemlere revize edillerek birçok mekanik kısmın değiştirilerek bu sisteme dönüştürülmesini gerektirmektedir. Revize işlemi çoğu zaman bir sistemi yeniden kurmaktan çok daha masraflı ve zor kılmaktadır. Konvansiyonel sistemleri revize etmek yerine kurulacak yeni sistemlerde uzman görüşlerinin otomasyon sistemine öğreterek basınçlı hava ile alım, satış, transfer ve ilaçlama yapılması silolarda meydana gelebilecek kayıpları en aza indirecektir. Bu sayede hububatların daha uzun süre ile depolanmasına ve izlenebilmesine olanak sağlanmış olunacaktır.

Kaynaklar

- Dağkurs, L., Eren, R., & Haşçelik, B. (2011, Mayıs 16-18). Bulanık Mantık Kontrol Denetçisi ile Çözgü Gerginliği Simülasyonu. Elazığ, Türkiye: 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11).
- Emel, G.G. & Taşkın, Ç., 2002. Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, XXI(1), pp.129-52.
- Dizlek, H., Gül, H., & Kılıçdağı, R. (2008). Tahılların Depolanmasında En Sık Karşılaşılan Sorunlar ve Bu Sorunların Çözüm Önerileri. Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum. Erzurum.
- Goldberg, D.E., 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley, USA.
- Gözüm, A.V., 1992. *Dökme hububat depolamada karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- MEB. (2010). Tahılları Depolama. Ankara.
- TMO. (1989). Havalandırma ve Kurutma El Kitabı. Ankara.

TMO. (2010). Toprak Mahsulleri Ofisi - Stratejik Plan 2010-2014. Ankara.

TMO, 2008. *Toprak Mahsulleri Ofisi 2008 Yılı Hububat Raporu*. Ankara.

Alberico, R. & Micco, M., 1990. *Expert systems for reference and information retrieval*. London: Meckler.

Tutar, B. (2010). Adana İli ve İlçelerindeki Yatay Betonarme Hububat Depo Yapılarının Mevcut Durumu, Geliştirme Olanakları, Planlanması ve Lisanslı Depoculuk. Yüksek Lisans Tezi, Adana.

İnt.Kyn.1.

http://www.polimak.com/Hammadde_Tasima_Yukleme_Bosaltma.htm