T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LAZER KONTROLLÜ BİR İŞ MAKİNESİNİN GELİŞTİRİLMESİ ve OTOMASYONU

Gürkan İRSEL

DOKTORA TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Tahir ALTINBALIK

EDİRNE, 2013

LAZER KONTROLLÜ BİR İŞ MAKİNESİNİN GELİŞTİRİLMESİ ve OTOMASYONU

Gürkan İRSEL

DOKTORA TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2013

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Taner TIMARCI
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Tahir ALTINBALIK
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında bir Doktora tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):	İmza
Doç. Dr. Tahir ALTINBALIK	……
Doç. Dr. Yılmaz ÇAN	……
Doç. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN	..…….
Prof. Dr. H. Erol AKATA	..…….
Yrd. Doç. Dr. Hilmi KUŞÇU	..…….

Tarih:04/10/2013

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ A.B.D. DOKTORA PROGRAMI

TEZ DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

16/09/2013

Gürkan İRSEL

Doktora Tezi
Lazer kontrollü Bir İş Makinesinin Geliştirilmesi ve Otomasyonu
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu tez, kullanımı gün geçtikçe önem kazanan lazer kontrollü iş makinelerinde mekanizasyon ve otomasyon kapsamında birbiriyle bağlantılı modernizasyon çalışmaları ile ilgilidir. Bu bağlamda lazer kontrollü mevcut bir tesviye makinesi bilgisayar destekli mühendislik ile incelenmiş ve tasarımının geliştirilmesi, geliştirilen yeni tasarımın üretimi, PLC ile otomasyonu ve testler ile değerlendirilmesi üzerine çalışmalar gerçeklenmiştir.

Öncelikle günümüzde zemin tesviye çalışmaları için kullanılan iş makineleri ve bu iş makinelerinde lazer teknolojisinin kullanımına değinilmiştir. Lazer sistemi ile kontrol edilen bir tesviye makinesi üzerinde; mevcut tesviye hataları ve çalışma gereksinimleri belirlenmiştir. Tespit edilen gereksinimlerin karşılanması, işlem hatalarının ortadan kaldırılması, ek olarak iş veriminin ve makinenin etkin çalışma sahalarının arttırılması amaçlanmıştır. Mevcut lazer kontrollü zemin tesviye makinesinin geliştirilecek yeni tasarımı için önceki bilimsel çalışmalarında ışığında geliştirmeye yönelik tasarım fikirleri ortaya konmuştur. Geliştirilecek makinenin "kürek eğim dengeleme otomasyon sistemli", "çeki kuvveti otomasyon sistemli" ve "maksimum yük koruma sistemli" olması kararına varılmıştır.

Bilgisayar ortamında geliştirilen mekanik tasarım üretilmiştir. Üretilen mekanik sistem üzerinde hidrolik sistem elemanları amaçlanan mekanik hareketlere ve otomasyon sistemine uygun olarak oluşturulmuştur. Diğer yandan otomasyon sistemi elemanları için gerekli elektrik sistemi oluşturulmuştur. Makinenin çalışma koşullarındaki gereksinimleri dikkate alınarak operatör paneli tasarımı gerçekleştirilmiştir ve ardından sisteme uygun PLC programı yazılmıştır.

Yıl :2013

Sayfa Sayısı :166

Anahtar Kelimeler :Ürün Geliştirme, CAD, Yapısal Gerilme Analizi, Hidrolik Sistem Tasarımı, Otomasyon, PLC

Doctorate Thesis
Automation and Improvement of the Laser Controlled Caterpillar
Trakya University Institute of Natural Sciences
Department of Machine Engineering

ABSTRACT

This paper concerns the interrelated studies as a part of mechanization and automation in caterpillars whose usage gains in importance day by day. In this regard, a current laser controlled land leveller has been examined with the help of computer aided engineering and studies have been carried out on design improvement, production of the improved design, automation using PLC and evaluation.

Primarily, the caterpillars that are used for surface levelling at the present time and the usage of laser technology on these caterpillars are mentioned. Current levelling failures and working requirements has been analyzed based on a laser controlled land leveller. The aim is to meet the determined requirements, remove the transaction errors and additionally to improve the productivity and the effective working field of the machine. For the redesign of the current laser controlled land leveller, developmental ideas for the design is put forward in consideration of the former studies. The machine to be developed is aimed to be equipped with ‘shovel slope stabilization system’, ‘automated pulling system’ and ‘maximum load protection system’.

The improved mechanical design which performed in computer media is produced. Hydraulic system elements of this machine are set up in compliance with the target mechanical movements and automation system. On the other hand, an electrical system that is essential for the automation system is set up. Regarding the needs of the machine under the working conditions, operator panels are designed. In the sequel, PLC software that is convenient to the system is written.

Year :2013

Number of Pages :166

Key Words : Product development, CAD, Structural strain analysis, Hydraulic, Automation, PLC.

ÖNSÖZ

Hazırlanan bu Doktora tezi mevcut bir lazer kontrollü iş makinesinin geliştirilmesi ve otomasyonu ile ilgilidir. Bu bağlamda mevcut sistem bilgisayar programları ile incelenmiştir. Mevcut tasarımının geliştirilmesi, yeni tasarımın üretimi, otomasyon sisteminin hazırlanması, testlerinin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi bu çalışmada gerçekleştirilmiş ve ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Öncelikle tez çalışmam sırasında yardımlarından ve katkılarından dolayı değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Tahir ALTINBALIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin izleme komitesinde yer alan ve yine bana verdikleri destek ve değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN ve Doç. Dr. Yılmaz ÇAN'a teşekkür ederim.

Tez ile ilgili yönlendirmeleri için Prof. Dr. H. Erol AKATA ve Yrd. Doç. Dr. Hilmi KUŞÇU'ya teşekkür ederim.

Tez süresi içerisinde geçirdiğim kalp ameliyatı için öncelikle 2004-2012 dönemi Trakya Üniversitesi Rektörü Enver DURAN'a personeline sahip çıktığı için saygılarımı sunar ve ameliyatımın gerçekleşmesinde gösterdiği büyük destek için teşekkür ederim.

Kalp ameliyatımı gerçekleştiren Ord. Prof. Dr. Afksendiyos KALANGOS başta olmak üzere, ameliyat sürecinde desteklerini esirgemeyen Kalp Damar Cerrahı Doç. Dr. Mustafa ÇIKRIKÇIOĞLU'na, Kardiyalog Yrd. Doç. Dr. M. Serdar YILMAZER'e, Arş. Gör. Çağatay ONAR'a, operasyonumun başarılı bir biçimde gerçekleşmesi için beni yönlendiren, desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Ahmet CİHAN'a ve tekrar Doç. Dr. Yılmaz ÇAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Elektrik Mühendisi Cüneyt YILMAZ'a otomasyon sisteminin oluşturumasında bilgi ve pratik tecrübesi ile gösterdiği büyük desteği ve emeği için teşekkür ederim.

Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlileri Arş. Gör. Emir ÖZTÜRK'e, Arş.Gör. Edip Serdar GÜNER'e ve Arş.Gör. Nazan DEMİRCİ'ye bilgileri ile çalışmalarıma destek oldukları için teşekkür ederim.

Beraber doktora sürecini paylaştığım ve bu süreç boyunca daima yanımda olan Arş.Gör. Fatih KARAÇAM ve Uzm. Dr. Önder AYER'e teşekkürlerimi sunarım.

Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine 2010/0184 numaralı "Lazer Kontrollü Toprak Tesviye Makinesi Modernizasyonu" başlıklı proje kapsamında mali destekleri için teşekkür ederim.

Geliştirilen makinenin üretimi için desteklerini esirgemeyen BECAN MAKİNE A.Ş.'ne, özellikle Makine Müh. Levent BECAN, Esat BECAN ve Fatih BECAN'a maddi ve manevi olarak sabırla projenin hayata geçmesindeki destekledikleri için teşekkür ederim.

DSİ XI. Genel Müdürlüğü Makine İkmal ve Bakım Müdürlüğü'ne makinenin üretiminde gösterdikleri büyük destek için teşekkür ederim.

Tasarımını ger.ekleştirdiğim makinenin üretiminde rulman desteği sunan SKF TÜRK'e teşekkür ederim.

Mak. Müh. Ercan ADA ve Doç. Dr. Kamil KAHVECİ'ye manevi destekleri için teşekkür ederim.

Öğrencilik ve akademik hayatım süresince bilgi ve birikimini benimle paylaşarak çalışmalarımda desteğini esirgemeyen, dostum ve meslektaşım Makine Müh. Ali BALCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Fatma B. SAKALLI'ya tez çalışmalarımda, esirgemediği desteği, sabrı ve harcadığı büyük zaman için ayrıca teşekkür ederim.

Makinenin üretiminde ve testlerinde destekleri ile yanımda olan Erkan ADA, Şerif ADA ve Mehmet Ş. ESEN'e teşekkür ederim.

Doktora sürecini paylaştığım ve bu süreç boyunca daima desteğini esirgemeyen Arş.Gör. Ümit HÜNER'e teşekkür ederim.

Ameliyatım esnasında ve tasarımını gerçekleştirdiğim makinenin üretimi aşamasında uzun bir süre sabırla desteğini esirgemeyen kuzenim Murat İRSEL'e teşekkürlerimi sunarım.

Teşekkürlerin en büyüğü bugüne kadar maddi ve manevi her türlü yardımı karşılıksız sunan, annem Şadiye İRSEL, babam Rıfkı İRSEL ve kardeşim Alkan İRSEL'e olacaktır. Destekleri için gönülden teşekkür ederim.

Eylül 2013 **Gürkan İRSEL**

İÇİNDEKİLER

ÖZET i

ABSTRACT ii

ÖNSÖZ iii

SİMGELER VE KISALTMALAR x

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xix

1. GİRİŞ 1

1.1. Greyder 2

1.2. Dozer 2

1.3. Skreyper 3

1.4. Çekici 5

1.5. Lazer Kontrollü Zemin Tesviye İşlemi 5

Tezin Önemi ve Gerekçesi 6

2. MEVCUT LAZER KONTROLLÜ ZEMİN TESVİYE MAKİNELERİ VE MODERNİZASYON GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ 7

2.1. Lazer Teknolojisi 7

2.1.1. Lazer Işınının Kullanım Alanları 8

2.2. Mevcut Lazer Kontrollü Zemin Tesviye Makineleri 8

2.2.1. Zemin Tesviyesi 8

2.2.2. Lazer Kontrollü Zemin Tesviye İşlemi 9

2.2.3. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Konstrüktif Yapısı 10

2.2.4. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Hidrolik Sistemi 11

2.2.5. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Lazer Kontrol Sistemi 12

2.3. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesinin Modernizasyon Gereksinimlerinin Belirlenmesi 17

2.3.1. Lazer Kontrollü İş Makinesi Kürek Eğim Dengeleme Sistemi Gereksinimi 17

2.3.2. Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi Gereksinimi 22

2.3.3. Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Maksimum Yük Koruma Sistemi Gereksinimi 23

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 25

4. LAZER KONTROLLÜ İŞ MAKİNESİ TASARIMININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ MÜHENDİSLİK İLE GELİŞTİRİLMESİ 31

4.1. Tasarım Hedeflerinin Belirlenmesi 36

4.1.1. Kürek Eğim Dengeleme Sistemi Tasarım Hedefleri 36

4.1.2. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi Tasarım Hedefleri 37

4.1.3. Mevcut Makine Üzerinde Genel Düzenleme Tasarım Hedefleri 38

4.2. Tesviye Makinesine Etkiyen Maksimum Çeki Kuvveti Değerinin Belirlenmesi 38

4.3. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesinin Bilgisayar Destekli Mühendislik ile İncelenmesi 40

4.3.1. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesinin Katı Modelinin Oluşturulması 40

4.4. Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Kürek Sistemi Tasarımının Geliştirilmesi 47

4.4.1. Kürek - Mil Bağlantı Sistemi Tasarımının Geliştirilmesi 47

4.4.2. Ana Şasi Kolon Boyutlandırması ve Mil Tasarımı 49

4.4.3. Kürek Kol Destek Sistemi Tasarımı 52

4.4.4. Mil-Yatak Seçimi 53

4.4.5. Mil Boyut Kontrolü ve Montaj Gerilme Analizleri 57

4.5. Çeki Sistemi Tasarım Geliştirme Çalışmaları 69

4.6. Ana Şasi Tasarım Geliştirme Çalışmaları 70

4.6.1. Zemin Tesviye Makinesi Çeki Profili Tasarımı 72

4.7. Eğim Dengeleme Hidrolik Silindirleri ve Kol Bağlantıları Tasarımı 76

4.7.1. Eğim Dengeleme Hidrolik Silindirleri Seçimi 78

4.7.2. Hidrolik Sistem Tasarımı 82

4.7.3 Kürek Eğim Dengeleme Hidrolik Silindir Bağlantı Kollarının Boyutlandırılması84

4.8. Taşıyıcı Sistem Tasarımı 85

5. TASARIMA YÖNELİK ÜRETİMLER VE DÜZENLEMELER 92

5.1. Taşıyıcı Tekerlek Sistemi ve Kürek Genişliğinin Değiştirilmesi 92

5.3. Kayar Mafsallı Radyal Rulmanlar ve Montajları 94

5.4. Kovanın Üretimi 96

5.5. Ana Şasi Kolonu Üretimi 97

5.6. Ana Şasi Çeki Profili Üretimi 98

5.7. Yük Hücresi Bağlantı Sisteminin Oluşturulması 101

5.8. Taşıyıcı Profil Düzenlemeleri 102

5.9. Kürek Kol Destek Sisteminin Montajı 102

5.10. Ana Şasi Eğim Dengeleme Hidrolik Silindir Bağlantıları ve Devre Elemanları . 103

5.13. Makine Hidrolik Sistem Kurulumu 106

5.14. Otomasyon Sistemi Yardımcı Elemanları 107

6. GELİŞTİRİLEN LAZER KONTROLLÜ İŞ MAKİNESİNİN OTOMASYONU ... 109

6.1. Geliştirilen Lazer Kontrollü İş Makinesi Otomasyon Sistemi Hedefleri ve Çözümleri 109

6.1.1. Kürek Eğim Dengeleme Otomasyon Sistemi 109

6.1.2. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi 110

6.1.3. Maksimum Yük Koruma Otomasyon Sistemi 112

6.2. Geliştirilen Lazer Kontrollü Zemin Tesviye Makinesi Otomasyon Sistemi Oluşturulması 113

6.2.1. PLC (Programmable Logic Controller- Programlanabilir Lojik Kontrolör) 113

6.2.2. PLC Haberleşme Paneli 115

6.3. Tasarlanan Otomasyon Sistemi Girişleri / Sensörler ve Butonlar 116

6.3.1. Halat Çekme Tipi Yük Hücresi 116

6.3.2. Eğim Sensörü 119

6.3.3. Sınır Anahtarları 120

6.3.4. Butonlar 121

6.3.5. Anahtarlar 122

6.4. Otomasyon Sistemi Çıkışları 122

6.4.1. Selenoid Valfler 122

6.4.2. Lazer Kontrol Sistemi 123

6.4.3 Lambalar 124

6.5. Otomasyon Sistemi Operatör Paneli 124

6.6. Elektrik Sistemi 127

6.7. Otomasyon Sistemi Program Algoritması 128

6.7.1. Kürek Eğim Dengeleme Otomasyon Sistemi 129

6.7.2. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi 130

6.7.3. Maksimum Yük Koruma Otomasyon Sistemi 132

7. GELİŞTİRİLEN LAZER KONTROLLÜ TESVİYE MAKİNESİ OPERASYON TESTLERİ 133

7.1. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi ve Ölçümler 135

7.2. Eğim Dengeleme Sistemi Operasyon Testleri 141

7.2.1. Operasyon Süresi 142

7.2.2. Tesviye İşlemi Başarısı 149

7.2.3. Kanal Açma 154

8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 158

KAYNAKLAR 162

ÖZGEÇMİŞ 165

TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER 166

TEZ ÖĞRENCİSİ PATENT BAŞVURUSU 166

SİMGELER VE KISALTMALAR

L_k : Lazer sinyali ile işlem sinyal kod değeri. Tesviye küreği bıçak alt seviyesi ile sinyal alıcı orta konumu arasındaki mesafe.

L_{sh} : Lazer sinyali kod seviyesi algılama hatası.

$L_{bhü}$: Bıçağın olması gereken işlem kod değerinin üzerinde olması hatası.

L_{bha} : Bıçağın olması gereken işlem kod değerinin altında olması hatası.

L_1 : Eğim dengeleme hidrolik silindir taşıyıcı kol uzunluk değeri.

L_2 : Eğim dengeleme hidrolik silindir taşıyıcı kolun, kolon üst seviyesinden düşey mesafesi

α : Kürek eğim açısı.

* : Eğim dengeleme hidrolik silindiri orta eklem bağlantısı tasarım uzunluğu.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Greyder 2
Şekil 1.2. Dozer 3
Şekil 1.3. Çekilir tip skreyper 4
Şekil 1.4. Çekilir tip yüksek kapasiteli skreyper 4
Şekil 1.5. Motorlu skreyper 4
Şekil 2.1. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi 10
Şekil 2.2. Çekici tarafından tahrik edilen hidrolik pompa 11
Şekil 2.3. Kürek aşağı-yukarı hareket hidrolik silindiri 12
Şekil 2.4. Lazer sinyal verici 13
Şekil 2.5. Lazer sinyal verici taşıyıcı ve konumlandırma aracı 13
Şekil 2.6. Lazer sinyali ile çalışma alanı 13
Şekil 2.7. Lazer sinyal alıcı ön görünüşü 14
Şekil 2.8. Lazer sinyal alıcı yan görünüşü ve montaj bağlantı sistemi 14
Şekil 2.9. Lazer kontrol sistemi operatör paneli 15
Şekil 2.10. Lazer sinyal alıcı çalışma prensibi 15
Şekil 2.11. Alıcı kule aşağı-yukarı hareketi 16
Şekil 2.12. Alıcı kule cetveli 16
Şekil 2.13. Tesviye işleminde operasyon kod değerinin belirlenmesi ve lazer sinyali ile çalışma 17
Şekil 2.14. Mevcut zemin tesviye makinesi ve lazer sinyal alıcısının konumu 18
Şekil 2.15. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi arka görünüşü 18
Şekil 2.16. Lazer sinyali ve makinenin eğimi durumunda sinyal alıcı konumu 19

Şekil 2.17. Lazer sinyali ve kürek eğim ilişkisi 20
Şekil 2.18. Tesviye alanında birbirine dik iki yönde tesviye işlemi 21
Şekil 2.19. Tesviye çalışma alanı zemin düzensizlikleri 22
Şekil 2.20. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi - değişken çeki kuvveti 23
Şekil 4.1. Çekici maksimum çeki kuvvetinin belirlenmesi 39
Şekil 4.2. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi katı modeli 41
Şekil 4.3. Mevcut zemin tesviye makinesi kürek bağlantı sistemi ve taşıyıcı sistemi modeli 42
Şekil 4.4. Mevcut kürek katı modeli 42
Şekil 4.5. Mevcut katı modeli ana şasi bağlantısı 42
Şekil 4.6. Kürek birleşik katı modeline malzeme özelliğinin atanması 43
Şekil 4.7. Mevcut kürek genel çalışma hali gerilme analizi 44
Şekil 4.8. Mevcut kürek genel zorlanma hali yer değiştirme miktarı 45
Şekil 4.9. Mevcut kürek maksimum zorlanma hali gerilme analizi 46
Şekil 4.10. Mevcut kürek maksimum yer değiştirme miktarı 46
Şekil 4.11. Geliştirilmiş kürek mil flanşlı bağlantı sistemi 47
Şekil 4.12. Geliştirilen kürek bağlantı sistemi maksimum gerilme analizi 48
Şekil 4.13. Dikdörtgen (300 mm x 200 mm) standart çelik profil 49
Şekil 4.14. Ana şasi kolon profili çerçeve boyutlarının belirlenmesi 50
Şekil 4.15. Kürek maksimum çaplı mil bağlantısı 50
Şekil 4.16. Kürek mil bağlantısı gerilme analizi 51
Şekil 4.17. Geliştirilen kürek kol destek sistemi tasarımı 52
Şekil 4.18. L mesafesinin tanımlanması 53
Şekil 4.19. A ve B yatak yüklerinin MdSolids çözümü 54
Şekil 4.20. Osilasyon hareketi 54
Şekil 4.21. Kayar mafsallı radyal rulman ömür hesabı 56

Şekil 4.22. Kayar mafsallı radyal rulman teknik özellikleri 57

Şekil 4.23. Mil, burç ve rulmanlar 57

Şekil 4.24. Kürek destek kol bağlantıları tasarımı 58

Şekil 4.25. Kürek kol destek sistemi ve rulmanların montajı 59

Şekil 4.26. Kürek mil bağlantısında kovan ve civata kilidi montajı 60

Şekil 4.27. Geliştirilmiş kürek bağlantı sistemi üst görünüşü 60

Şekil 4.28. Kürek mil bağlantısı kesit görünüşü 61

Şekil 4.29. Geliştirilen kürek montaj sistemi sonlu elemanlar modeli 62

Şekil 4.30. Kürek montaj sisteminin maksimum zorlanma durumu gerilme analizi 63

Şekil 4.31. Kürek montaj sisteminde maksimum zorlanma durumunda maksimum yer değiştirme. 63

Şekil 4.32. Kürek montaj sistemi genel zorlanma durumu gerilme analizi 64

Şekil 4.33. Kürek montaj sisteminde genel zorlanma durumunda maksimum yer değiştirme. 64

Şekil 4.34. 160/80 Kürek montaj sistemi maksimum zorlanma durumu gerilme analizi 66

Şekil 4.35. 160/80 Kürek montaj sisteminde genel zorlanma durumunda maksimum yer değiştirme 66

Şekil 4.36. 160/80 Kürek montaj sistemi genel zorlanma durumu gerilme analizi 67

Şekil 4.37. 160/80 Kürek montaj sistemi genel zorlanma durumu yer değiştirme miktarı 68

Şekil 4.38. Yük hücresi çeki bağlantı sistemi montajı 69

Şekil 4.39. Yük hücresi bağlantı sistemi montaj gerilme analizi sol yan kesit görünüşü 70

Şekil 4.40. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi kürek bağlantı kolonu 71

Şekil 4.41. Kolon kürek sistemi montajı ve çeki profili bağlantısı 71

Şekil 4.42. Geliştirilen zemin tesviye makinesi üst görünüşü 72

Şekil 4.43. Geliştirilen zemin tesviye makinesi kesit görünüşü 73

Şekil 4.44. Çeki profili plaka eğrisi 73

Şekil 4.45. Çeki profili gerilme analizi 74

Şekil 4.46. Geliştirilen iş makinesi çeki ve kürek sistemi genel çalışma gerilme analizi 75

Şekil 4.47. Geliştirilen iş makinesi çeki ve kürek sistemi maksimum zorlanma gerilme analizi 75

Şekil 4.48. Çeki profili katı modeli ve montajı 76

Şekil 4.49. Küreğin kolon ile -11^{o} açılı olması durumunda hidrolik silindir bağlantı noktaları yükseklikleri 77

Şekil 4.50. Küreğin kolon ile 90^{0} eğimli olması durumunda hidrolik silindi bağlantı noktaları yükseklikleri 77

Şekil 4.51. Ön eklem bağlantılı hidrolik silindir ölçü kodları 79

Şekil 4.52. Eğim dengeleme hidrolik silindirleri ve bağlantı aparatları montajı 80

Şekil 4.53. Eğim dengeleme hidrolik silindirleri montajı ve kürek sistemi 81

Şekil 4.54. Kürek -11^{o} eğim pozisyonu 81

Şekil 4.55. Kürek +11^{o} eğim pozisyonu 81

Şekil 4.56. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi kürek eğim hareketi 82

Şekil 4.57. Hidrolik sistem elemanları FluidSim tasarımı 83

Şekil 4.58. Eğim dengeleme hidrolik silindir kolları gerilme analizi 84

Şekil 4.59. Ana şasi eğim dengeleme bağlantı kolları gerilme analizi 85

Şekil 4.60. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi taşıyıcı sistemi katı modeli 86

Şekil 4.61. Geliştirilen taşıyıcı sistem mafsal bağlantı tasarımı 86

Şekil 4.62. Geliştirilen taşıyıcı sistem 3D tasarımı 87

Şekil 4.63. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi üst görünüşü tekerlek iz genişlikleri 88

Şekil 4.64. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi 3D sağ yan görünüşü 89

Şekil 4.65. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi 2D sağ yan kesit görünüşü 89

Şekil 4.66. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi 3D ön sol eğimli ön görünüşü. 90

Şekil 4.67. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi 3D ön sol eğimli ön görünüşü. 90

Şekil 4.68. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi çalışma pozisyonu görünüşü..91
Şekil 5.1. Tekerlek taşıyıcı sistem 93
Şekil 5.2. Geliştirilen taşıyıcı sistem ve arttırılmış kürek genişliği 93
Şekil 5.3. Mil üretilmiştir.....94
Şekil 5.4. Radyal küresel bakımsız rulman.....95
Şekil 5.5. Rulman ve keçeleri 95
Şekil 5.6. Mil sistemi montajı 95
Şekil 5.7. Kovanın torna tezgahında işlenmesi 96
Şekil 5.8. Plazma kesme cihazına teknik resmin yüklenmesi.....96
Şekil 5.9. Kovan flanşının plazma cihazında kesilmesi.....96
Şekil 5.10. Kovan - rulman ve keçe kapakları montajı.....97
Şekil 5.11. Kolon üretimi.....97
Şekil 5.12. Kolon kovan montajı gerçekleştirilmiştir 98
Şekil 5.13. Plazma kesme cihazına çizim yüklenmesi.....99
Şekil 5.14. Plazma kesme cihazı ile kesme.....99
Şekil 5.15. Çeki yatak plakalarının plazma kesme cihazı ile kesilmesi.....99
Şekil 5.16. Ana şasi çeki yan plakaların kaynağı.....100
Şekil 5.17. Çeki yatağının montajı.....100
Şekil 5.18. Kürek mil bağlantı plakası kaynağı 101
Şekil 5.19. Yük hücresi sistemi montajı 101
Şekil 5.20. Taşıyıcı sistem profil düzenlemesi 102
Şekil 5.21. Geliştirilen kürek bağlantı sisteminin montajı.....103
Şekil 5.22. Plazma ile kol destek saclarının kesilmesi.....103
Şekil 5.23. Dikdörtgen profilin kesilmesi ve destek sacın kaynağı 103
Şekil 5.24. Hidrolik silindir kep bağlantısı 104
Şekil 5.25. Eğim dengeleme hidrolik silindirlerinin montajı.....104

Şekil 5.26. Ana şasi-kürek-kol destek profili-taşıyıcı sistem.....104
Şekil 5.27. Orta eklem bağlantılı çift etkili hidrolik silindir.....105
Şekil 5.28. Eğim dengeleme hidrolik silindirlerinin montajı.....105
Şekil 5.29. Orta eklem bağlantılı çift etkili hidrolik silindirin montajı.....105
Şekil 5.30. Geliştirilen zemin tesviye makinesi ve hidrolik sistemi kurulmuştur.....107
Şekil 5.31. Hidrolik sistemi ve kontrüksif düzenlemeleri tamamlanmış sistem.....108
Şekil 6.1. Farklı PLC modelleri.....114
Şekil 6.2. PLC giriş ve çıkış bağlantıları şematik gösterimi.....114
Şekil 6.3. PLC haberleşme paneli.....116
Şekil 6.4. Halat çekme tipi yük hücresi.....117
Şekil 6.5. Yük hücresi ve çeki sisteminde konumu.....118
Şekil 6.6. Yük hücresi amplifikatörü.....119
Şekil 6.7. Eğim sensörü montajı.....120
Şekil 6.8. Sınır anahtarları montajı.....121
Şekil 6.9. Lazer sistemi operatör paneli.....123
Şekil 6.10. Operatör paneli.....124
Şekil 6.11. Operatör paneli elektrik bağlantıları.....124
Şekil 6.12. Operatör Paneli.....125
Şekil 6.13. Otomasyon panosu.....128
Şekil 6.14. Ladder diyagramı.....129
Şekil 6.15. Kürek eğim dengeleme otomasyon sistemi PLC programı algoritması akış diyagramı.....130
Şekil 6.16. Çeki kuvveti otomasyon sistemi PLC programı algoritmasi akış diyagramı.....131
Şekil 6.17. Maksimum yük - koruma sistemi PLC programı akış diyagramı.....132
Şekil 7.1. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesinin çekici ile karayolunda hareketi..133
Şekil 7.2. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi - lazer sinyali ile çalışma.....134

Şekil 7.3. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi operatör görüş açısı 135

Şekil 7.4. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi hareketli çeki bağlantısı 136

Şekil 7.5. Geliştirilen kürek tasarımı ile maksimum zemin malzemesi taşıma kabiliyeti 137

Şekil 7.6. Dolgu yapılmış malzeme içeren sert zeminde tesviye işlemi 137

Şekil 7.7. Yüksek yoğunluklu tozlu ortamda ve yüksek ortam sıcaklığında çalışma ... 138

Şekil 7.8. Çekici çeki kuvvet otomasyon sisteminin aktif olmadığı durum..... 139

Şekil 7.9. Çekici çeki kuvveti otomasyon sisteminin aktif olduğu durum..... 140

Şekil 7.10. Çeki kuvveti otomasyon sistemi aktif durum 141

Şekil 7.11. -11^{o} Maksimum eğim hareketi..... 142

Şekil 7.12. +11^{o} Maksimum eğim hareketi..... 142

Şekil 7.13. Bölünmüş I. alan 142

Şekil 7.14. Bölünmüş II. alan..... 142

Şekil 7.15. I. Alanda tesviye işlemi 143

Şekil 7.16. Kürek dalma hatası 144

Şekil 7.17. Eğim dengeleme sisteminin aktif olmaması durumunda dalma hatası 144

Şekil 7.18. Kürek ilerleme yönününe dik yöndeki zemin eğiminden etkilenmektedir 145

Şekil 7.19. I. alan tesviye işlemi tamamlanmış..... 146

Şekil 7.20. II. alanda zemin tesviye işlemi..... 147

Şekil 7.21. Otomasyon sistemi aktif halde iken dalma hatasının oluşmaması..... 147

Şekil 7.22. Lazer sinyali ile çalışma..... 148

Şekil 7.23. II. Alan tesviye işlemi tamamlanmıştır..... 149

Şekil 7.24. Mevcut tesviye alanı eğim grafiği..... 150

Şekil 7.25. Eğim dengeleme sistemi aktif I. aşama..... 151

Şekil 7.26. Eğim dengeleme sistemi aktif III. aşama grafiği 152

Şekil 7.27. Eğim dengeleme sisteminin aktif olmaması durumunda eğim grafiği 152

Şekil 7.28. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi operatörsüz hareket etmektedir 153

Şekil 7.29. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi ve otomasyonu ile hassas tesviye . 154

Şekil 7.30. Seçilen eğim değeri ile kanal açma işlemi 155

Şekil 7. 31. İstenilen eğim değeri operatör panelinden girilir 156

Şekil 7.32. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi ile şev açma çalışması 156

Şekil 7.33. Kürek maksimum yükleme hali 157

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1. 160 mm dış çap ve değişik iç çaplara sahip millerin gerilme değerleri 65

Tablo 4.2. Geliştirilen kürek sistemi tasarımının mevcut kürek sistemi ile karşılaştırılması 68

Tablo 4.3. Kompakt hidrolik silindir teknik özellikleri 78

Tablo 4.4. Farklı hidrolik silindir çapları için boyut ölçüleri 79

Tablo 4.5. Farklı hidrolik silindir çapları için boyut ölçüleri 80

Tablo 6.1. Yük hücresi teknik özellikleri 117

Tablo 6.2. Eğim sensörü teknik özellikleri 119

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Birçok sektörde çeşitli amaçlarla; nakliye, kaldırma, kazıma yükleme, taşıma, serme, delme, asfalt ve beton üretimi, sıkıştırma, karayolu yapım, bakım ve onarımı, su kanalları yapımı, taşıma, yükleme, zemin kazıma, taşıma ve tesviyesi vb. işlerde kullanılan çok amaçlı makinelere iş makineleri denir. İş makineleri çağdaş, planlı, sağlıklı kentlerin oluşumunda, imar, inşaat, sanayi işlerinde ve tarımda yaygınlaşarak hayatımızın ayrılmaz parçaları haline gelmiştir.

Zemin tesviyesi genel bir ifade ile; topoğrafik engebelerin ve düzensizliklerin düzeltilerek yüzey oluşturulması işlemidir. Tesviye işlemi günümüzde hava alanları, demir ve karayolu yapım, bakım ve onarımı, su kanalları yapımı, şehir düzenlemeleri ve tarım gibi birçok sektörde uygulanmaktadır. Böylece istenilen eğim değerinde süreklilik gösteren alanlar oluşturulur. Bu işlemde fazla ya da yüksek olan kısımlar kesilerek boşluk ya da çukur alanlara dolgu yapılır. Bu nedenle zemin tesviye işlemi makineleri, kazıma, taşıma ve serme iş makineleri sınıfı altında yer alır. Bu sınıfta yer alan iş makineleri değişik cins zeminleri kesen ve kısa mesafelerde depo etmek üzere taşıyan greyder, skreyper, dozer vb. makinelerdir [1].

Bu makinelerin ortak özelliği zemini kesebilen sert bir bıçağa ve bıçağın hemen üzerinde kesilen zemini taşıyabilen bir hacime sahip olmalarıdır. Bu makineler gerçekleştirilecek iş hacmine ve gereksinimlere bağlı olarak, farklı iş kapasitelerine ve farklı özelliklere sahiptir. Zemin tesviye işleminde kullanılan iş makinelerinden birkaçı şunlardır;

1.1. Greyder

Genel olarak greyderler; her türlü tesviye işlerinde, şev kesmede, hendek açma, düzeltme ve temizliğinde, hazırlanmış malzemelerin kaba ve hassas serilmesinde, sert olmayan zeminin kazılmasında, hazırlanmış malzemelerin karıştırılmasında ve kar temizleme gibi işlerde kullanılan iş makineleridir. Gördükleri işlerin hacmine göre çalışma ağırlıkları 10 ton ile 60 ton arasındadır. Seyir halinde hızları en çok 60 km/saat civarındadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Greyder

1.2. Dozer

Bir traktör ve önünde indirilebilir kaldırılabilir durumda monte edilmiş bir kazıcı levhadan oluşur. Zemin seviyesindeki her cins malzemeyi kazmak, sökmek, yığmak, sermek ve düzeltmek ile başka bir makineyi itmek gibi işleri yapan paletli ve lastik tekerlekli iş makineleridir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Dozer

Dozerler ulaşım hizmetleri için yol yapım çalışmalarında, enerji ve sulama alanlarında baraj, gölet, yapımında hidroelektrik ve termik santrallerin kurulmasında ve işletilmesinde önemli sanayi tesisleri, fabrika ve büyük yerleşim merkezlerinin kurulmasında, temel kazı alt yapı çalışmalarında, madencilik işletmelerinde kullanılırlar.

1.3. Skreyper

Paletli ve lastik tekerlekli bir traktör ile çekilen iş makinesidir. Dört tekerlekli kazıcı sandık kısmının ön tarafında kazıyıcı bıçak bulunur. Bıçağın kazıdığı toprak sandığa dolar. Sonra ön kapak kapatılır ve dolan zemin malzemesi boşalacak yere götürülerek boşaltılır. Yol şantiyelerinde malzemenin düzgün ve homojen şekilde yola serilmesinde kullanılmaktadır. Sulama kanallarının açılması, havaalanı gibi alanların inşaatında tesviye yapılması, maden ocaklarındaki üst ince tabakaların kaldırılması vb. işlerde kullanılır. Çekilir ve kendinden motorlu olmak üzere iki tiptir.

Çekilir skreyper; bir çekici tarafından tahrik edilirler. Kendilerine ait enerji üreten bir motorları yoktur (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4).



Şekil 1.3. Çekilir tip skreyper



Şekil 1.4. Çekilir tip yüksek kapasiteli skreyper

Kendinden motorlu skreyper; zemini karnındaki bıçakla kendi kendine sıyıran, yükleyen, taşıyan ve boşaltma yerinde de bıçak ağzını yukarıya çekmek suretiyle bir ağız teşkil ederek haznesindeki malzemeyi kendiliğinden boşaltan ağır iş makinesidir. Sert zeminlerde genellikle arkasında itici olarak bir dozer kullanılır. Kayalık zeminde çalışmaz veya sadece kazılmış malzemeyi taşır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Motorlu skreyper

Bu makineler geçmişten günümüze kullanımı devam eden ve edecek olan iş makineleridir. Bu makinelere ilaveten zemin gevşetme makineleri, zemin sıkıştırmaya yarayan çeşitli tiplerdeki silindirler, vibratörler, beton hazırlama, karıştırma iletme yayma vb. işlerde kullanılan inşaat makineleri, asfalt sericiler, asfalt frezeleri, tomruk taşıyıcılar, kompaktörler, mikro yükleyiciler, nakliye makineleri, kazıma ve yükleme makineleri, ekskavatör, yükleyici, beko-loder, delme makineleri de birer iş makinesidir.

Yukarıda sayılan iş makineleri bir işi gerçekleştirmek adına geliştirilmiş ve üretilmiş iş makinelerinin küçük bir bölümüdür. Yeni buluşlar ve geliştirilen yeni sistemlerin uygulamaları ile ihtiyaçlara yönelik farklı büyüklüklerde yeni iş makineleri geliştirilmekte ve üretilmektedir.

İş makinelerine fonksiyonellik kazandırmak özellikle gelişmekte olan ülkelerde çok sık görülen bir uygulamadır. Dozerler aynı zamanda traktör olarak kullanılabilmektedir. Kendine ait motoru olmayan iş makineleri traktör ile tahrik edilirler. Buradaki amaç traktörü (çekiciyi) birden fazla amaca uygun şekilde kullanmaktır. Günümüzde bu amaç için kullanılan farklı tipte uygulamalar mevcuttur.

1.4. Çekici

Motor enerjisini çeki kuvvetine dönüştürerek çekme ve itme işlerinde kullanılan makinelerdir. Çekiciler; yük taşıyıcı takılarak taşıma işlerin yapılması, uygun ekipmanlar ile sert zeminin gevşetilmesi, zemine saplanan ve bozulan makinelerin kurtarılması ve çekilmesi, yapı makinelerinin çekilmesi ve tesviye çalışmalarında kullanılmaktadır. Günümüzde, mekanizasyon çalışmalarında çekici (traktör) ve ekipmanların verimli olarak kullanılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır.

1.5. Lazer Kontrollü Zemin Tesviye İşlemi

Zemin tesviye işleminin hassas ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilmesi amacıyla otomatik kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Günümüzde lazer sinyali ile kod değerinin belirlendiği kontrol sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle 'lazer kontrollü tesviye makineleri' olarak adlandırılırlar.

Lazer kontrollü tesviye makineleri, zemin malzemesini kesen ve taşıyan bir küreğe sahiptir. Kontrol sistemleri bu küreğin yüksekliğinin lazer sinyali ile belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Bölüm 2' de detaylı olarak "Lazer kontrollü tesviye makineleri" incelenmiştir.

Tezin Önemi ve Gerekçesi

Bu tez lazer kontrollü bir iş makinesinin tasarımının bilgisayar destekli mühendislik ile geliştirilmesi, üretimi ve PLC ile otomasyonu üzerinedir. Günümüzde kullanılan tesviye makineleri incelenmiş, lazer sisteminin tesviye işleminde kullanımına değinilmiştir. Lazer kontrollü bir tesviye makinesi üzerinde mevcut tesviye hataları ve çalışma gereksinimleri incelenip geliştirilmeye yönelik tasarım fikirleri ortaya konmuştur. Makinenin geliştirilmesi yönündeki fikirler ışığında; makinenin "kürek eğim dengeleme sistemli", "çeki kuvveti otomasyonlu", "maksimum yük korumalı" olması hedeflenmiş ve gerçekleştirilmiştir. Bu tasarım fikirlerinin uygulamadaki fayda hedefleri kadar, tasarım düşüncesinin bilgisayar destekli mühendislik ile ortaya konması ve bu tasarımın uygulamadaki davranışlarının incelenmesi hedeflenmiştir. CATIA ile ortaya konan bu tasarımlar, "Lazerli Toprak Tesviye Makinesi Modernizasyonu" başlıklı 2010/0184' nolu Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi ile eş zamanlı olarak yürütülmüş ve tamamlanmıştır.

Böylece bilgisayar ortamında gerçekleştirilen bir tasarımın üretimde uygulanması hedeflenmiş ve gerçekleştirilmiştir. Konstrüktif düzenlemeler ve üretimlerinin devamı olarak makine üzerinde hidrolik sistem çalışmaları yapılmıştır. Hidrolik sistem ile hareket verilen mekanik kısımların otomasyon hareketleri PLC ile kontrol edilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen, üretilen ve otomasyon sistemi çalışmaları gerçekleştirilen "Geliştirilmiş Lazer Kontrollü İş Makinesi" nin işlevliği, geliştirilen tasarımın uyumu ve zemin tesviye operasyonlarına faydaları testler ile değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2

MEVCUT LAZER KONTROLLÜ ZEMİN TESVİYE MAKİNELERİ VE MODERNİZASYON GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ

2.1. Lazer Teknolojisi

Lazer ışığının temeli atom veya molekül enerji düzeyleri arasındaki elektron geçişlerine dayanır. Lazer ışığı yüksek genlikli, aynı fazda, birbirine paralel, tek renkli, hemen hemen aynı frekanslı dalgalardan oluşur. Normal ışıkta dalgalar, birbirini zayıflatıcı karakterde olmasına rağmen, lazerde birbirini kuvvetlendirici olurlar. Lazer ışınları yüksek frekanslı olduklarından güneş ışını özelliklerine sahiptir. Ancak lazer ışınları tek frekanslı olduğu için kayıpları azdır. Ayrıca lazer ışınları aynı fazda yapılan ışık dalgaları olduğu için şiddeti büyük olur. Bu yüzden lazer ışınlarının şiddeti güneş ışınlarının şiddetinin bir milyon katıdır.

Optik bakımdan saydam, bir ucunda tam sırlı ve yansıtıcı, diğer ucunda yarı sırlı kısmen yansıtıcı iki ayna bulunan bir tüp alınır. Buna gaz, sıvı ve katı bir madde doldurulur. Dışarıdan ışık verme, elektrik akımı geçirmek suretiyle veya kimyasal bir yolla elde edilen enerji ortamdaki atomlara ulaşır. Bunların bazıları bu enerjiyi emerler. Fazla enerji, atomları kararsız hale getirir. Kendisine bir foton çarpan, uyarılmış ve kararsız atom, fazla enerjiyi foton üzerinden verir. Fotonlar, benzer şekilde diğer fotonları etkiler. Uçlara ulaşan fotonlar, aynalardan yansıyarak geri döner ve bu etkileşim tekrarlanarak devam eder. Uyarma ve tahriklerde ortamdaki fotonlar artar. Atomların hemen hemen hepsi, foton yaymaya başlayınca kuvvetlenen ışık, yarı sırlı uçtan dışarı çıkar. Bu, lazer ışınıdır [2].

2.1.1. Lazer Işınının Kullanım Alanları

Lazerin önemi; uygulamasının yaygın ve daha da genişlemesinin beklenmesinde yatmaktadır. Özellikle uygulamanın genişliği, ışınların hassas bir şekilde kontrolünden, yayılan ışının yayılma düzeninden veya ışınların olağanüstü yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. Bunlar yoluyla lazer diğer bilimsel ve teknolojik alanlarda da etkisini göstermektedir.

Lazer ışını haberleşmede, metal, cam, plastik kaynak ve kesme işlerinde, uzayda mesafe ölçmede, yön ve doğrultu tayini ve tespitinde, mesafe bulma ve yer tanımada, güdümlü mermileri hedefe gönderme, gece görüş dürbünleri, çok başlıklı füzelerin hafızalarına hedef resmi yerleştirilmesi gibi pek çok askeri alanda, holografi ve fotoğrafçılık alanlarında, tıpta, inşaat sektöründe boru ve tünel yapımında, tesviye işlemlerinde önemli yeri olan ve tercih edilen bir teknoloji konumundadır.

Lazer ışını otomasyon sistemleri için algılanan bir sinyaldir. Bu nedenle otomasyon sistemlerinde lazer ışını lazer sinyali olarak da adlandırılır.

2.2. Mevcut Lazer Kontrollü Zemin Tesviye Makineleri

2.2.1. Zemin Tesviyesi

Zemin tesviyesi kaba tesviye ve ince tesviye olmak üzere iki aşamada yapılır. Tesviyenin her iki aşamasında da farklı tesviye aletleri kullanılır.

Kaba tesviye; zeminin temizlenmesi, gevşetilmesi ve kabul edilebilir sınırlar içerisinde arazinin istenilen kod değerine getirilmesidir. Kaba tesviye ince tesviye işlemi için gerekli bir operasyondur. Kaba tesviye makineleri; buldozer ve skreyper gibi makinelerdir. İnce tesviye ise gevşetilmiş, temizlenmiş zeminin istenilen eğim değerine istenilen hassasiyet ile getirilmesi işlemidir. İnce tesviye makineleri ise greyder gibi iş makineleridir.

Tesviye işleminin iki aşamada yapılmasının nedenlerinin başında zeminin mekanik yapısı ve maliyet gelir. Kaba tesviye işlemi gerçekleştirilmeyen bir zeminde

zeminin topoğrafik durumuna bağlı olarak ince tesviye makineleri ile de işlem yapılabilir. Ancak bu ince tesviye makinesinin, tesviye işlemi sırasında sert zeminlere teması ile hasar görme riskini göze almak ve işlem maliyetini arttırmaktır. Bu nedenle hassas ve başarılı bir zemin tesviyesi için ön hazırlık gereksinimi vardır. Kaba tesviye hafriyattan zeminin gevşetilmesi ve yeniden sıkıştırılması işlemlerine kadar geniş işlem operasyonlarını içerir.

2.2.2. Lazer Kontrollü Zemin Tesviye İşlemi

Lazer sistemleri kaba ve ince tesviye makinelerine uygulanabilir. Ancak günümüzde ince tesviye makinelerinde kullanımı çok daha yaygındır. Lazer kontrollü tesviye, dünyaca kabul edilmiş bir yöntem olup, tam ve doğru sonuçlar veren lazer kontrollü ekipmanlar ile gerçekleştirilir.

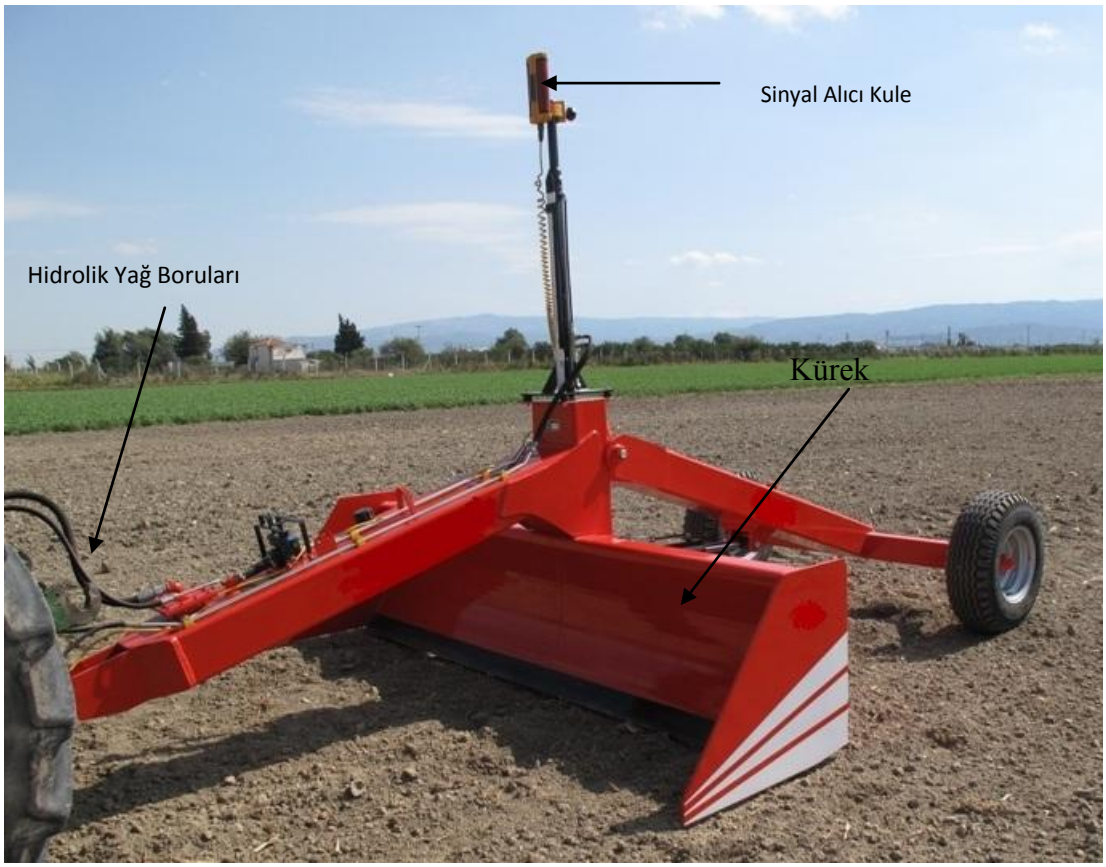
Lazer kontrollü sistemlerde tesviye makinesinin küreği tesviye alanı üzerinde hareket ederken her noktanın yüksekliği lazer kontrol sistemi yardımıyla sürekli kontrol edilir. Bu kontrol sayesinde yapılan tesviye diğer tesviye yöntemlerine göre oldukça hassas ve güvenilir bir işlemdir.

Tesviye işleminin gerçekleştirildiği alan üzerinde lazer sinyal verici ünite, lazer kontrollü tesviye makinesinden bağımsız bir konumda sürekli sinyal yayar. Lazer kontrollü tesviye makinesi üzerinde yer alan ve yüksekliği ayarlanabilen lazer sinyal alıcısı, lazer sinyal verici ünitesinden gelen sinyalin yüksekliğini değerlendirerek makine küreğini aşağı yada yukarı hareket ettirir. Böylece lazer sinyali ile tesviye işlemi gerçekleştirilir.

Arazinin detaylı kazı dolgu haritası çıkartılmasına gerek duymadan sadece belirli noktalardan makine lazer sistemiyle kod ölçümlemesi yapılarak tesviye işlemine doğrudan geçilebilir. Böylelikle zamandan ve diğer işlem maliyetlerinden büyük tasarruf sağlanırken, operatörün arazi ölçümü konusunda eğitimli olması gerekliliğini ortadan kaldırır.

2.2.3. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Konstrüktif Yapısı

Lazer kontrollü tesviye makinesi, lazer sinyali ile kontrol edilen ve çekici ile tahrik edilen bir iş makinesidir. Bu iş makinesi çelik konstrüksiyona sahiptir ve genişliği 3 m ve ağırlığı da yaklaşık olarak 1800 kg' dır. Normal şartlarda iki adet tekerleğe sahiptir. Makinenin tesviye işlemini gerçekleştirdiği, zemini kesen parçasına bıçak ismi verilir Bıçağın montaj edildiği ve bıçak tarafından kesilen zemin malzemesini taşıyan kavisli parça ise kürek' tir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi

Kürek genişliği arttıkça iş yapma kapasitesi ve makine ile işlem yapmak için gerekli çekme gücü artar. Bu hali ile sistemin çalışma uzunluğu yaklaşık 12 metredir.

2.2.4. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Hidrolik Sistemi

Hidrolik sistem; hidrolik yağ pompası, hidrolik yağ emiş filtresi, manometre, yağ hortumları, 12V - 4/3 açık merkezli selenoid valf, basınç ayar valfi, yağ hattı bağlantı elemanları, 2 adet çift etkili hidrolik silindir ve konstrüksiyon içerisinde gömülü bir yağ deposundan oluşmaktadır. Bu yağ tankı genellikle 48 lt. yağ almaktadır. Hidrolik sistem, çekicinin hidrolik pompası ve makineye ait yağ pompasının yine çekici tarafından tahrik edilmesi ile harekete geçirilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Çekici tarafından tahrik edilen hidrolik pompa

Lazer kontrollü tesviye makinesinin küreğinin aşağı-yukarı hareketi Şekil 2.3' de görülen hidrolik silindir ile gerçekleştirilir. Bu hidrolik silindirin ileri hareketi küreğin aşağı, geri hareketi ile ise küreğin yukarı hareket etmesini sağlar. Hidrolik sistem selenoid valf ile kontrol edilir.



Şekil 2.3. Kürek aşağı-yukarı hareket hidrolik silindiri

2.2.5. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Lazer Kontrol Sistemi

Lazer kontrollü tesviye makinesi lazer sistemi; lazer sinyal verici, lazer sinyal alıcı ve lazer sinyal kontrol sisteminden oluşur.

2.2.5.1. Lazer Sinyal Verici

Şekil 2.4.'de gösterilen Lazer sinyal vericisi 300 metre mesafeden algılanabilen sinyal yayan ve 360 derece dönerek lazer ışını yayan bir cihazdır. Lazer sinyal vericinin yaydığı lazer sinyal frekansı 520-720 nm' dir. Devir tanımlama aralığı ise 300-1200 dev/dk aralığındadır.

Sinyal verici cihazı tesviye operasyonu alanında konumlandırmak amacıyla tekerlekli ve yol konumunda zemin tesviye makinesi tarafından hareket ettirilen bir araç kullanılır (Şekil 2.5).

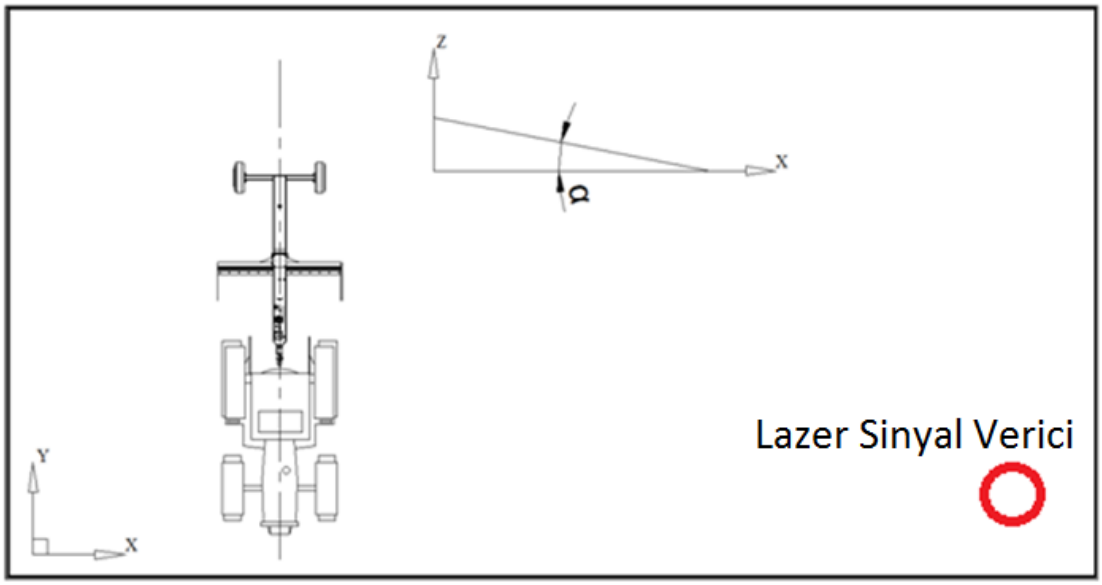


Şekil 2.4. Lazer sinyal verici



Şekil 2.5. Lazer sinyal verici taşıyıcı ve konumlandırma aracı

Bu cihaz, tesviye işlemi alanı (X-Y düzlemi) üzerinde sürekli olarak, Z koordinatında belirli bir yükseklik değerinde ve belirlenen eğimde (çalışmamızda 0^0 değerinde) lazer sinyali yaymaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Lazer sinyali ile çalışma alanı

2.2.5.2. Lazer Sinyal Alıcı

Sinyal alıcı tesviye makinesi üzerinde yer alır ve yüksekliği ayarlanabilir bir mekanizma üzerine montaj edilmiştir. Sinyal alıcı 360^{o} sinyal algılama özelliğine sahiptir. Toz sıvı ve darbe dayanımı oldukça yüksektir (Şekil 2.7).

Lazer sinyal alıcı üzerinde belirli aralıklar ile konumlandırılmış çok sayıda sensör bulunur. Bu sensörlerin aralıkları, alıcının düşey eksen merkezine yaklaşıldıkça azalır (Şekil 2.8). Lazer sinyal alıcı yayılan sinyalin yüksekliğini ölçmez. Sinyal alıcı üzerine düşen sinyalin, yüksekliği boyunca nereye düştüğünü algılar.



Şekil 2.7. Lazer sinyal alıcı ön görünüşü



Şekil 2.8. Lazer sinyal alıcı yan görünüşü ve montaj bağlantı sistemi

2.2.5.3. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Otomatik Kontrol Sistemi

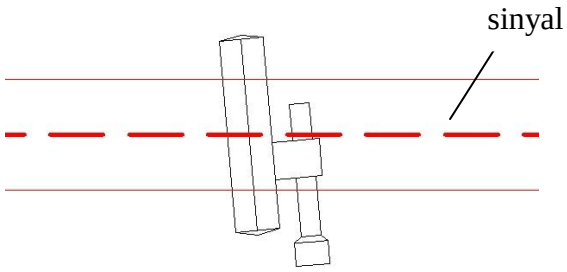
Lazer kontrol sisteminin devreye alınması operatör paneli ile gerçekleştirilir. Operatör tarafından el ile kumanda yada lazer kontrollü sistem seçilebilir. El ile kumanda seçildiğinde, panel üzerinde bulunan joystick ile operatör kontrolünde kürek yukarı veya aşağı hareket ettirilebilmektedir. Operatör tarafından otomatik opsiyonu seçildiğinde ise lazer kontrol sistemi devreye alınır. Böylece kürek aşağı yukarı hareketi

lazer sinyalinin değerlendirilmesi ile operatörden bağımsız olarak gerçekleştirilir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Lazer kontrol sistemi operatör paneli

Lazer kontrollü otomasyon sisteminin çalışma prensibi yayılan lazer sinyalinin, 250 mm yüksekliğe sahip sinyal alıcının merkezine düşürülmesine dayanır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Lazer sinyal alıcı çalışma prensibi

Bu çalışma prensibinde kontrol sistemini otomatik moda almak yeterli değildir. Otomatik mod seçiminin ardından lazer sinyal alıcı yüksekliği değiştirilerek sinyal yakalanmalıdır. Bu amaçla sinyal alıcı monte edildiği sistem üzerinde (alıcı kule) çift

etkili hidrolik silindir ile aşağı-yukarı hareket ettirilir (Şekil 2.11). Bu kule üzerinde yardımcı bir cetvel de bulunur (Şekil 2.12).



Şekil 2.11. Alıcı kule aşağı-yukarı hareketi

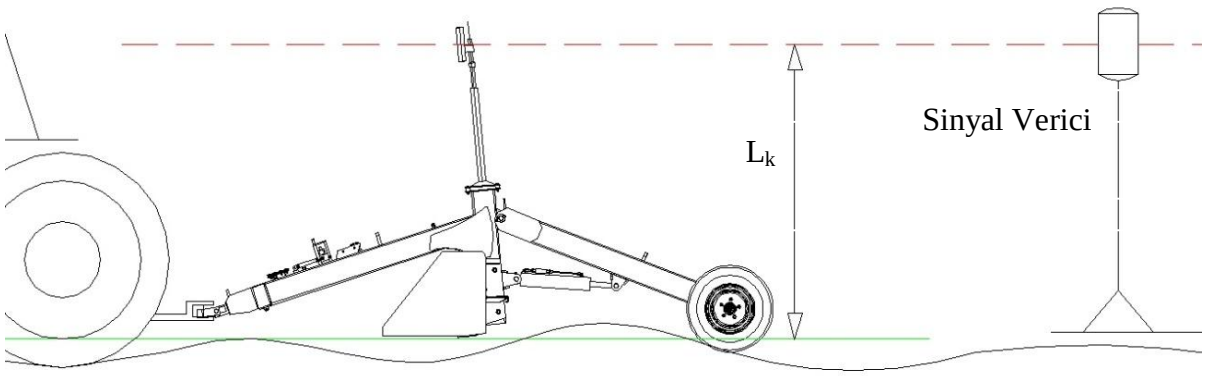


Şekil 2.12. Alıcı kule cetveli

Sinyal alıcının operatör tarafından aşağı yukarı hareketi ile kürek çalışma kod değeri belirlenir. Alıcı kulenin yukarı hareketi bıçağın o miktarda aşağı bir kod değerine alınması demektir. Bu işlem Şekil 2.13'de gösterilen bıçak alt noktası ile lazer alıcı orta noktası arasındaki "L_k " mesafenin ayarlanması işlemidir. Böylece bıçak istenilen kod değerine ayarlanır. Bu ayarlama işleminden sonra sinyal alıcı kulenin yüksekliği (kod değeri değiştirilmeyecekse) değiştirilmez. Bu aşamadan sonra sistem lazer kontrolünde çalışmaya hazırdır.

Kod seçim işlemi yapıldıktan sonra sinyal alıcı yüksekliği, kürek aşağı yukarı hidrolik silindiri ile değiştirilir. Eğer lazer sinyali, sinyal alıcı yüksekliğinin orta noktasının üzerinde bir bölüme düşer ise; kürek aşağı yukarı hareket hidrolik silindirine bağlı selenoid valfe yukarı yönde çıkış verilir. Bu sayede hidrolik silindirin geri hareketi ile kürek yukarı hareket eder. Lazer sinyali sinyal alıcının yüksekliğinin orta noktasının aşağısına düştüğünde ise ters işlem gerçekleşir. Böylece kürek sinyal alıcı ile L_k

mesafesinde paralel hareket eder ve bıçak istenilen (yeşil çizgi ile gösterilen) kodu izler.

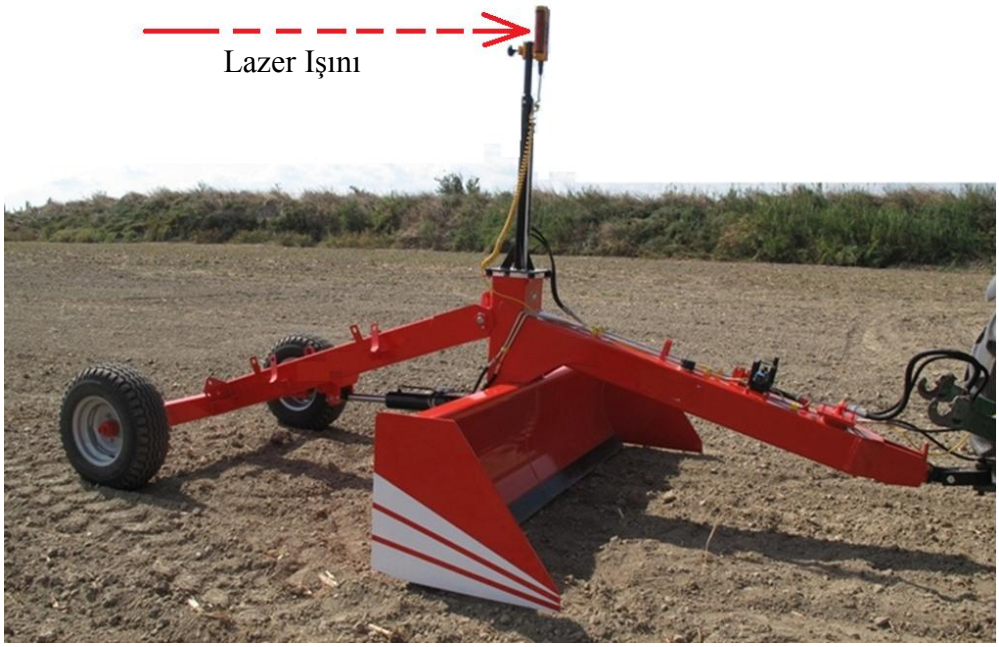


Şekil 2.13. Tesviye işleminde operasyon kod değerinin belirlenmesi ve lazer sinyali ile çalışma

2.3. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesinin Modernizasyon Gereksinimlerinin Belirlenmesi

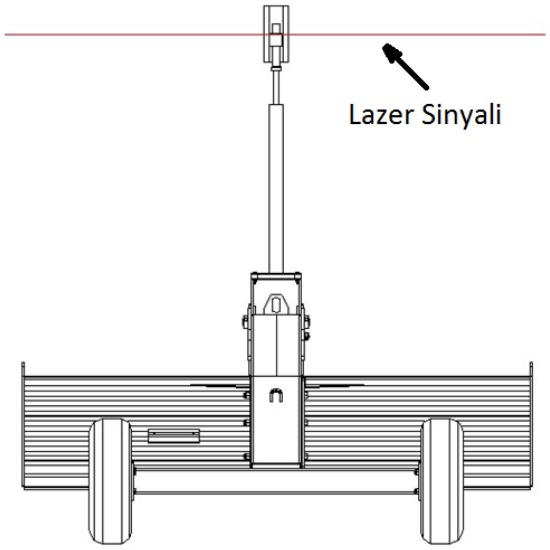
2.3.1. Lazer Kontrollü İş Makinesi Kürek Eğim Dengeleme Sistemi Gereksinimi

Lazer kontrollü tesviye makinesi, istenilen bıçak kod değeri için otomatik kontrollü hareketini gerçekleştirmek amacı ile tüm bıçak genişliği için sinyali bir noktadan alır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Mevcut zemin tesviye makinesi ve lazer sinyal alıcısının konumu

Lazer sinyalin algılandığı bu nokta, kürek genişliğinin tam ortasıdır (Şekil 2.15.).



Şekil 2.15. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi arka görünüşü

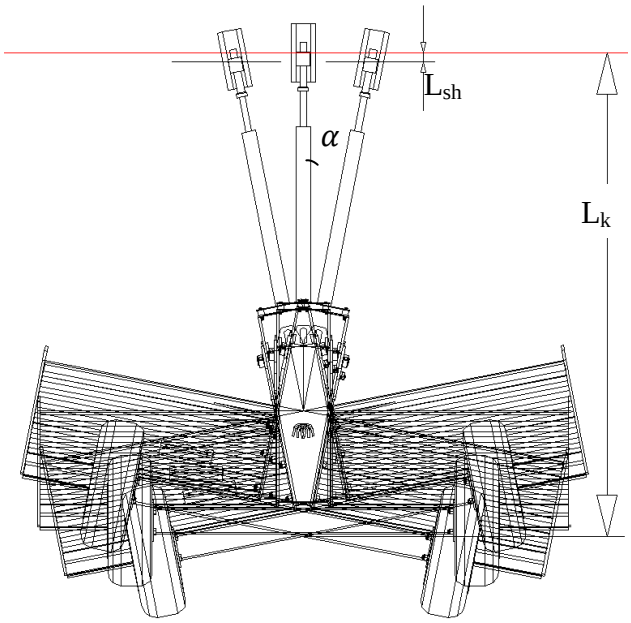
Bıçak genişliği ise daha önce belirtildiği gibi çekici gücü ve iş yapma kapasitesine bağlıdır. Seçilen kürek genişliği arttıkça, alınan sinyalin bıçağı temsil etme yeteneğinin azalacağı açıktır. Tesviye işlemi esnasında makinenin çeki eksenine dik doğrultuda eğime maruz kalmasından dolayı iki hata meydana gelmektedir. Bunlar sinyal algılama hatası ve kürek dalma ile boş geçme hatasıdır.

2.3.1.1. Sinyal Algılama Hatası

Makinenin ilerleme yönüne dik yönde eğim yapması ile makine sinyal alıcı kod değeri olan L_k mesafesi değişmektedir. Sinyal algılama hata değeri açı değerine bağlı olarak denklem 2.1. ile ifade edilir.

$$L_{sh} = L_k\ (1 - cos\alpha) \qquad (2.1)$$

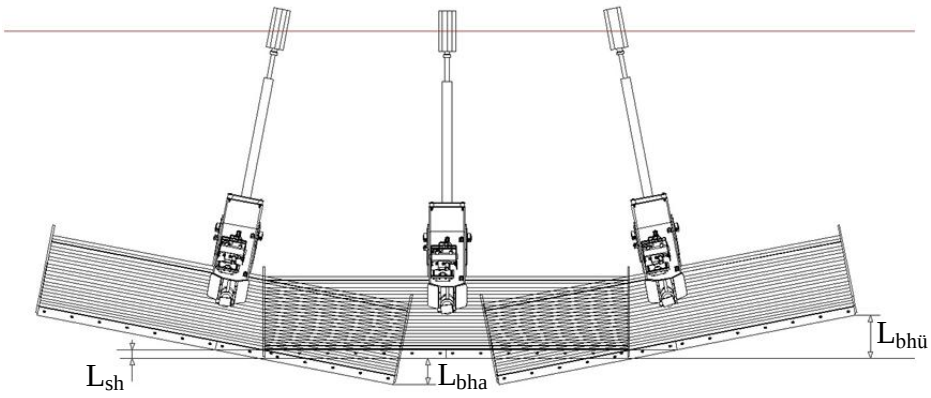
Kürek eğim durumunda eğim açısına (α) bağlı olarak olması gereken kod değerinden L_h mesafesi kadar yukarıda hareket etmektedir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Lazer sinyali ve makinenin eğimi durumunda sinyal alıcı konumu

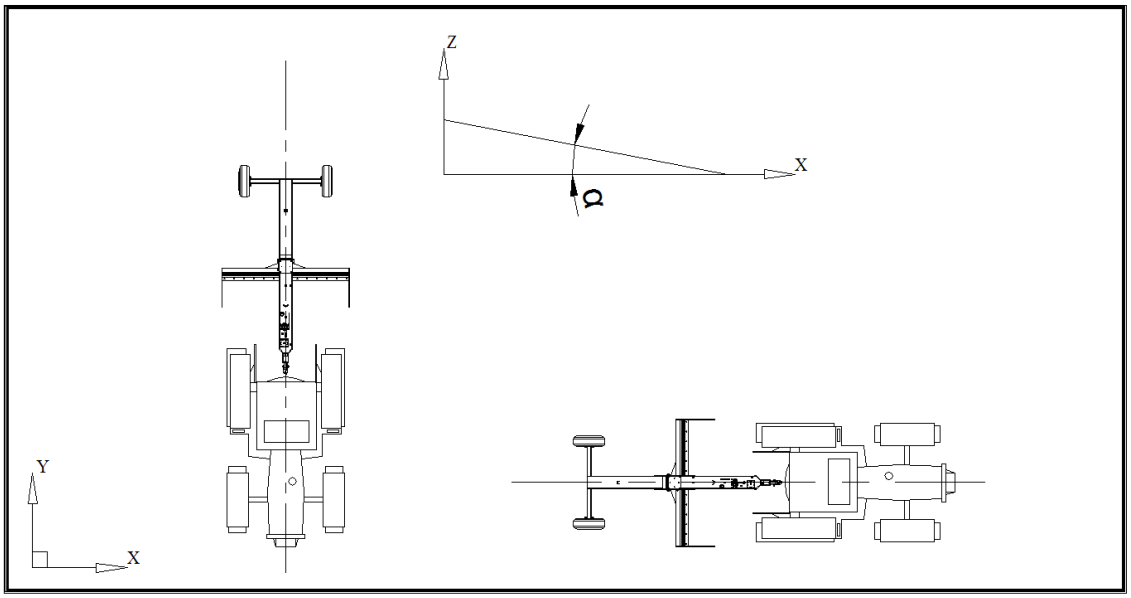
2.3.1.2. Bıçak Dalma ve Boş Geçme Hatası

Makine küreğinin eğime maruz kalması durumunda, eğim miktarına (α) bağlı olarak bıçak çalışma hataları meydana gelir. Bıçak (yada kürek) çalışma hataları, sinyal hatasının (L_{sh}) da etkilerinin görüldüğü hatalardır. Bu hatalar bıçak boş geçme hatası ve bıçak dalma hatası olarak tanımlanabilir ve kürek genişliğince değişkendirler. Boş geçme hatası bıçağın olması gereken kod değerinin üzerinde ($L_{bhü}$) bir konumda yer alması, dalma hatası ise bıçağın istenen kod değerinin altında bir konumda (L_{bha}) olması anlamına gelir. Bu eğimden kaynaklı olayda $L_{bhü} > L_{bha}$' tır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Lazer sinyali ve kürek eğim ilişkisi

Şekil 2.18' de gösterilen Y çeki ilerleme ekseninde X-Z kesitinde α açısı ile tanımlanan bir eğimde zemin tesviye işleminde, eğim nedeni ile oluşan bu hataların giderilmesi amacı ile çeki eksenine dik doğrultuda X ekseninde ikinci bir tesviye işlemi yapılır.



Şekil 2.18. Tesviye alanında birbirine dik iki yönde tesviye işlemi

Bu ek işlem, operasyon süresinin artmasına ve makinenin iş veriminin düşmesine neden olur. Eni (Y) boyuna (X) oranla çok küçük olan alanlarda bu etki daha da artar. Makinenin yaklaşık çalışma uzunluğu 12 metredir. Örneğin bir karayolu zemin tesviye operasyonunda Y mesafesi 3-12 m. aralığında değişmektedir. Bu tür bir çalışma imkânsız hale gelir ve mevcut hatalarda çözümlenemez. Bu nedenlerle lazer kontrollü tesviye makinesinin "kürek eğim dengeleme sistemi" ne gereksinimi vardır.

Eğime bağlı hata sürekli eğime sahip bir çalışma alanında oluşabileceği gibi çeki eksenine dik doğrultuda eğimin olmadığı bir alanda çekici yada lazer kontrollü tesviye makinesinin tekerleklerinin bir çukura yada tümsek nedeni ile kod değerinin değişmesi (tesviye çalışma alanı düzensizlikleri) ile de meydana gelebilmektedir (Şekil 2.19).



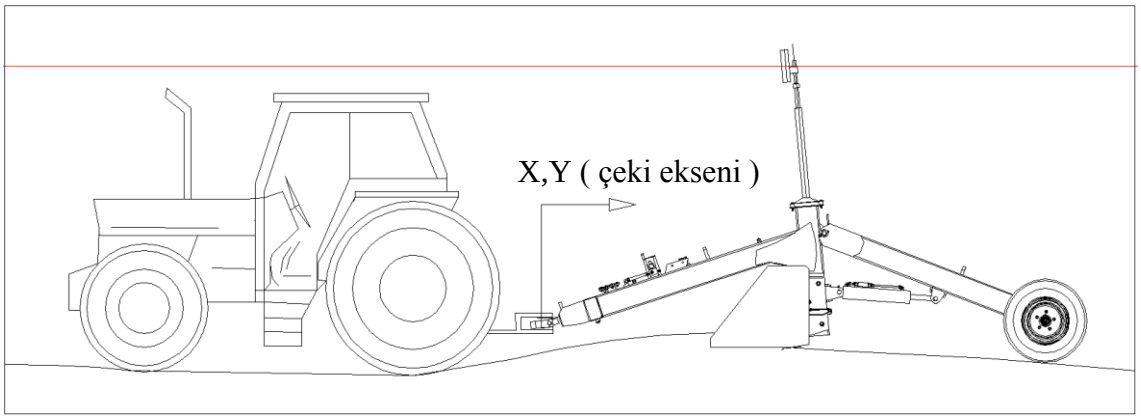
Şekil 2.19. Tesviye çalışma alanı zemin düzensizlikleri

Tesviye çalışma alanlarında bu düzensizliklerin olması olağan bir durumdur. Bu nedenle lazer kontrollü zemin tesviye makinesinin "taşıyıcı sisteminin geliştirilme" gereksinimi de vardır.

2.3.2. Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi Gereksinimi

Lazer kontrollü tesviye makinesi bir çekici ile hareket eder. Çekicilerin belirli bir ilerleme hız değerinde uygulayabileceği çeki kuvveti motor güçleri ile orantılıdır. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi, tesviye işlemi operasyonunda lazer sinyali ile otomatik kontrollü olarak bıçağını istenen kod değerinde tutmaktadır. İstenilen kod değerinde, tesviye makinesinin ilerlemesi için gerekli çeki kuvveti değişkendir. Bu ilerleme için gerekli çeki kuvveti değeri, ilerleme hızına da bağlı olarak çekicinin karşılayabileceği çekme kuvvetinin üzerine çıkabilir. Bu durumda motor devri yaklaşık %20 oranında azalır ve operatör otomasyon sistemini devreden çıkararak küreği joystick ile yukarıya kaldırır. Küreği yukarıya kaldırma işlemi için geç kalındığında çekici motoru aşırı yüklemeye maruz kalır ve durur. Eğer kürek gerektiği miktarda yukarıya

kaldırılabilirse ilerleme hareketi devam eder. Bu olay zemin yapısına bağlı olarak çok ani de gerçekleşebilmektedir. Çünkü tesviye işleminde çalışılan zemin yapısı belirsizdir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi - değişken çeki kuvveti

Bu durumlarda çekiciden belirli bir aralık değerinde kuvvet çekilemez ve çekicide aşırı gereksiz yükleme nedeni ile aşınmalar artar. Bu da fazla yakıt harcanması ve mekanik aksamların gereksiz aşınması ile amortisman değerinin artması anlamına gelir. Bu nedenle çekicinin gücünün verimli kullanılması, tesviye makinesinin ve çekicinin aşırı yüklere maruz kalmaması ve iş veriminin arttırılması için "çeki kuvveti otomasyon sistemi" ne gereksinim vardır.

2.3.3. Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Maksimum Yük Koruma Sistemi Gereksinimi

Tesviye işlemi operasyon şartlarında; zemin belirsizlikleri ve değişimleri mevcuttur. Operasyonun olağan ilerleme hızlarında (5-7km/h) küreğin sert zeminle ani teması durumunda, çekici maksimum çeki kuvvetini tesviye makinesi üzerine uygulamaktadır. Zemin belirsizliğine ek olarak bu çalışmada ele alınan mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi farklı tip ve güçte çekiciler ile tahrik edilebilir. Zemin

tesviye operasyonunda çekici gücünün değişken olması, zemin yapısının bilinmezleri nedeniyle makine konstrüktif yapısı hasar riski altındadır.

Küreğin belirli bir bölgesine yada tümüne yayılı halde uygulanan maksimum çeki kuvveti küreği hasara uğratabilmektedir. Hasarın büyüklüğü, yükün özellikle küreğin yan plakalarına, yada yakın mesafelerine, tek nokta veya nispeten küçük bir uzunluğa (100 mm) gelmesi ile artar. Meydana gelen hasar, tesviye operasyonunun her anında, zemin tesviye hatası oluşturarak operasyonun veriminin düşmesine yada zemin düzgünsüzlüğüne neden olur. Lazer kontrollü tesviye makinesinde meydana gelen deformasyonlar maddi kayıplara ve sürekli tesviye hatalarına neden olur. Bu nedenle "maksimum yük koruma sistemi" ne gereksinim vardır.

Bu bölümde belirlenen "kürek eğim dengeleme sistemi", "çeki kuvveti otomasyon sistemi", "maksimum yük koruma sistemi" ve "taşıyıcı sistem geliştirme", gereksinimlerine çözüm niteliğindeki mekanik tasarım geliştirme çalışmaları Bölüm 4' te bilgisayar destekli mühendislik ile gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 3

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez konusu ile ilgili olarak yapılan literatür çalışmalarında konunun özgün olması nedeniyle benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak iş makinelerine ait değişik yükleme şartları ve değişik mekanik aksamlar için yapılan bilgisayar destekli iyileştirme çalışmaları ve lazer kontrollü tesviye makinesinin çalışma başarısına yönelik bir çalışma aşağıda verilmektedir.

Mohd Nor ve arkadaşları [3] Sumai mühendislik SDN. BHN, (SESB) tarafından kurum içi tasarlanmış 35 tonluk bir römorkun, I-kiriş dizayn uygulaması ile gerçek bir alçak dorse yapısını gerilme analizleri ile modellemeyi ve bu modelin performansını ortaya koymayı amçalayan çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Konstrüksiyon malzemesi, akma dayanımı 552 MPa ve çekme direnci 620 MPa olan düşük alaşımlı çeliktir. Çalışma CATIA V5 R18 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, CATIA kullanılarak 3 boyutlu alçak dorse modeli oluşturulmuştur. Daha sonra gerilme ve yer değiştirme analizleri ile maksimum yer değiştirme ve gerilme hesaplanmıştır.

Sonlu elemanlar metodunu kullanan gerilme analizi programı ile alçak dorse şasi yapısında maksimum gerilme değeri, maksimum yer değiştirme miktarları ve bunların meydana geldikleri konum başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Analiz sonuçları ile elde edilen maksimum gerilme ve maksimum yer değiştirmenin meydana geldiği yerin, basit kirişin teorik maksimumunun meydana geldiği yer ile uyuştuğu da görülmüştür. Analiz sonuçlarına dayanılarak alçak dorse yapısının emniyet katsayısı 3.5 olacak şekilde oluşturulmuştur.

Srdjan Bosnjak ve arkadaşları [4] tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada döndürme platformu mantosunun hasarının önlenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Döndürme platformu kova tekerlekli ekskavatör yapısının temel parçasıdır ve döndürme platformu mantosunun delik bölgelerinde çatlakların meydana gelmesi ve yayılmasının sistemin çökmesine neden olabileceği ihtimali ile çatlak oluşumunun nedenlerini tanılamak, mantonun yeniden yapılandırma tasarımını tanımlamak ve numerik-deneysel analizle yeniden yapılandırılmış yapıyı doğrulamak üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Döndürme platformu mantosunun orijinal ve yeniden dizayn edilmiş yapısının karşılaştırmalı nümerik analizinin sonuçlarına dayanarak, aşağıdaki ihtiyaçları karşılayan bir yeniden yapılandırma çözümü hedeflenmiş:

- Üst sınırların kabul edilebilir değerleri aşmadığı, önemli ölçüde daha düşük gerilme durumu
- Yeniden dizayn edilmiş manto parçasının imalatı için çok kısa bir süre
- Yeniden yapılandırmanın alan koşullarında kullanma imkanı.

Mantonun gerilme-şekil değiştirme durumunun tanımlanması sonlu elemanlar metodu uygulanarak yapılmıştır. Yeniden yapılandırılmış manto yapısının deneysel gerilme analizi, gerçek çalışma koşullarında gerilme ölçme yöntemleri kullanılarak iki kez gerçekleştirilmiştir. Ölçülen maksimum gerilme değeri, üzerinde çalışılmış yük durumu için ölçülmüş gerilme değerine oranla %10 civarında daha azdır. Mühendisliğin bakış açısına göre; bahsedilen sapma, özellikle kazı sürecinin olasılıksal özelliği göz önüne alındığında oldukça kabul edilebilir olduğu değerlendirilmiştir. Yeniden yapılandırmadan sonra gerçekleştirilen deneysel çalışma ile döner ekskavatörün 2.6 x 10^6 t' den daha fazla kömür kazmış olmasına rağmen arızalanmadığını gözlemlemişlerdir.

Miodrag Arsic ve arkadaşları gerçekleştirdikleri çalışmada [5] kova tekerlekli ekskavatörün gövdesindeki kaynaklı eklemlerde (çalıştırmadan) operasyondan sadece 1800 saat sonra çatlakların oluştuğu fark edilmiştir. Çatlak oluşumunun nedenlerini tespit etmek ve böylelikle makinede oluşabilecek ağır muhtemel zararları önlemek için

incelemeler yapılmıştır. Sistemin gövdesindeki güvenlik gerilmeleri FEM kullanılarak tanımlanmıştır. Gerçek çalışma şartlarında deneysel gerilme analizi için şekil değiştirme ölçüt metodları da kullanılmıştır. Kaynak artık gerilmelerinin ölçümleri merkez deliğe, delme yöntemi uygulanarak yapılmıştır. FEM kullanılarak, çatlakların oluştuğu bölgelerdeki eşdeğer gerilmelerin maksimum değerlerinin kabul edilebilir değerlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç ölçümlerle de doğrulanmıştır. Kaynak artık gerilmelerinin ölçülen değerleri kritik bölgelerde akma dayanımı değerine ulaşmıştır. Böyle kaynaklı eklemler soğuk çatlamaya karşı duyarlıdır. 25mm kalınlığındaki levha halkasının alın kaynaklı bağlantısı için X-şekilli bir bağlantı yerine V-şekilli bir bağlantı kullanılmıştır. Ayrıca kaynak yapma aşamasında bütün termik süreç kontrol altına alışmıştır. Kaynaklı eklemlerin sertliği ana metalin sertliğinden çok daha yüksektir. Tanımlanan sistemin gövde arızasının nedeninin tipik bir üretim hatası olduğu sonucuna varmışlardır.

Hüseyin Yürdem ve İsmet Önal tarafından gerçekleştirilen çalışma [6] Türkiye' de geniş ölçüde imal edilen ve kullanımı artan lazer kontrollü tesviye makinelerinin çalışma sürelerini, makine iş başarılarını tahminlemek ve traktör tekerlek trafiğinin tarla yüzeyini kaplama yüzdelerini bulmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, çeşitli iş genişliğine sahip lazer kontrollü tesviye makinelerinin çalışma sürelerini, %81.8 tahminleme katsayısı ile tahminleyebilen bir model elde edilmiştir. Tesviye için gerekli efektif çalışma süresinin ve lazer kontrollü tesviye makinesi ve traktör kombinasyonunun saatlik maliyetinin bilinmesi halinde, tarla tesviyesinin toplam maliyetini tahmin etmek mümkün olmuştur. Ortalama mutlak sapmayı ifade eden alan yüzey pürüzlülük değerleri, lazer kontrollü arazi düzleme makinesinin gerekli çalışma saati denkleminin modellenmesi için başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Alan yüzey pürüzlülüğün yüksek olması tesviye işlemi süresini arttırmakta ve böylelikle arazi tesviye maliyetleride artmaktadır. 2010 yılı mart ayında traktör-lazer kontrollü tesviye makinesi kombinasyonunun saatlik işlem maliyeti 150 TL/ha' dır. Bu maliyetin yaklaşık olarak yarısı (75 Tl) büyük traktörün dizel yakıt tüketiminin maliyetidir (saat başına 25 lt). Araştırmada özellikle ıslak zemin şartlarında eğer arazi tesviye makinesi küçük çalışma eni ile kullanıldığında zemin mekanik direncinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Tahir Altınbalık ve Gürkan İrsel tarafından gerçekleştirilen çalışmada [7] 2D ve 3D olarak modellenen parçaların plazma kesme tezgahına aktarımı ve imalatı ile ilgili pratik örnekler sunulmuştur Özellikle uygun geometrili parçalar için her zaman 3D modellemeye gerek olmadığı da yine örnekle gösterilmiştir. Deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçları elde etmişlerdir:

- Üretim sürecinde önemli olan işimizi en kısa sürede çözebilecek modelleme programının kullanılmasıdır. Kapsamlı 3D modelleme programlarına yapılacak yatırımlar her zaman ekonomik bir çözüm getirmeyecektir.

- Bazı geometrik parçalar 3D'lu tasarımdan 2D'lu tasarıma dönüştürülür. Uygun geometrili parçalar ise direkt 2D olarak modellenir. Her iki durumda da elde edilen datalar her türlü plazma kesme makinesinde operasyona dönüştürülebilir.

- Bu tarz bir otomasyon sistemi içinde, imali gerçekleştirilecek olan parça ile ilgili operasyon sırasında olası her türlü düzenlemeyi yapmak mümkündür.

- Plazma kesme operasyonları sırasında plazma kesme işlem çizgisi kalınlığının payı unutulmamalıdır.

- Parça kesimlerinde önce küçük geometrilerin kesilmesine özellikle dikkat edilmelidir.

- Plazma ile kesilen bölgelerde sertliğin arttığı unutulmamalıdır. Bu durum kesme işleminden sonraki talaşlı imalatı planlarken dikkate alınmalıdır.

Tahir Altınbalık ve Gürkan İrsel tarafından gerçekleştirilen bu çalışma [8] Catia genarative structural analysis workbench kullanılarak gerçekleştirilen montaj gerilme analizi uygulamaları ile ilgilidir. Çalışmada montaj gerilme analizinin, tek parça analizine göre üstünlükleri ve uygulanabilirliği deneysel bir çalışma ile ortaya konmuştur. Deneysel çalışma; Catia ile modellenen civata bağlantılı, iki farklı montaj sisteminin imalini ve Instron 8501 cihazında çekme deneyine tabi tutulmasını içerir. Özellikle kompleks montaj sistemleri içerisinde yer alan bir parçaya ait gerilme

analizinin, sistemi bir bütün olarak ele alan montaj gerilme analizi yöntemi ile gerçekleştirilmesinin, mühendislik problemlerinin daha doğru çözümlenmesi adına tercih edilmesi gerektiği ortaya konmaktadır. Ayrıca civatalar ve civataların gerilme analizi ile ilgili temel kavramlar çalışmamızda açıklanmıştır.

CAD programları montaj analizlerini daha yüksek kapasiteli bilgisayarlarda ve daha fazla çözümleme zamanı harcayarak gerçekleştirmektedir. Ayrıca tasarımcının montaj analizi için daha uzun süre modelleme yapması gerekmektedir. Bu yüzden parçasal düzeyde analiz halen sıkça kullanılmaktadır. Ancak montaj analizinden elde edilen sonuçlar çok daha güvenilir ve anlamlıdır. Bu yüzden olması harcanan emek ve ilk yatırım masraflarını fazlasıyla karşılamaktadır.

Bu çalışmaların ışığında, geliştirilmesi hedeflenen lazer kontrollü zemin tesviye makinesiyle ilgili olarak aşağıdaki başlıklar belirlenmiştir:

- Tesviye alanında en az yolu alarak işlemi tamamlamak zemin malzemesinin sıkışma yoluyla mekanik direncinin artmaması için önemlidir.
- İlerleme yönünde maksimum tesviye işlemini gerçekleştirmek önemlidir.
- Gerilme yığılmalarının olduğu kesitlerde kaynak birleşimlerinden olabildiğince kaçınılmalıdır.
- Zemin tesviye işlemi verimi; belirli bir alanın tesviye işleminin başarılı olarak gerçekleştirilme süresi ile ifade edilebilir.
- Zemin tesviye başarısı işlem sonrası pürüzlülük ve eğim sabitliği ile ifade edilir.
- Bilgisayar destekli mühendislik çalışmaları ile oluşturulan bir model üzerinde maksimum gerilme ve yer değiştirmeler belirlenebilir.

- Bilgisayar destekli mühendislik gerilme analizlerinde mümkün olduğunda montaj gerilme analizleri ile işlem yapmak daha uygundur.
- Teorik hesaplamalar, bilgisayar destekli mühendislik uygulamaları ile sistem tasarımları yada incelemeleri gerçekleştirilse de mümkün olduğunda testler gerçekleştirmek önemlidir.
- Tasarım değerleri kadar tasarımın üretim sürecide önemlidir.
- Geliştirilmesini hedeflediğimiz sistem için emniyet katsayısının 3 olması uygundur.
- Bilgisayar destekli gerilme analizleri ile maksimum gerilme ile maksimum yer değiştirmenin yeri belirlenebilir ve tayin edilebilir.

BÖLÜM 4

LAZER KONTROLLÜ İŞ MAKİNESİ TASARIMININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ MÜHENDİSLİK İLE GELİŞTİRİLMESİ

Konstrüksiyon işlemi; temel bilimlere, mühendislik bilgi ve deneyimlerine dayanarak, teknik bir probleme, bir gereksinime genel olarak bir teknik yapıt biçiminde çözüm bulabilmek için ortaya konan yaratıcı zihinsel faaliyetlerin tümüdür.

Yeni bir teknik ürün yaratmanın en önemli adımı konstrüksiyondur. Yirminci yüzyılın ortalarına kadar konstrüksiyon daha çok bir yetenek olarak kabul görürken; özellikle geçtiğimiz son yirmi beş yılda konstrüksiyonun öğretilebilir ve öğrenilebilir bir bilim dalı olabileceği kanısı geçerlilik kazanmıştır. Bilgisayar destekli mühendislik programlarından başlayıp bilgi bankalarına uzanan, yapay zekayı da içine alan teknolojik gelişmeler de bu akıma güç vermiştir [9].

Çözüm olarak önerilen teknik yapıt sadece istenen fonksiyonu yerine getirmekle kalmayıp, ekonomiklikten üretilebilirliğe, çevre dostu olmadan yeniden değerlendirilebilmeye, belirli boyutlardan veya kütleden büyük ya da küçük olmamaya vb. kadar daha pek çok isteğe cevap verebilmek zorundadır.

Konstrüksiyon işlemi yapıldığı zamana göre incelenmelidir. Her konstrüksiyon gerçekleştirildiği zamanın teknolojik olanakları ve bilgi birikimine göre değerlendirilmelidir. Yıllar öncesinin çok iyi olarak kabul gören çözümü bugün aynı beğeniyi göremeyebilir. Enerji tasarrufu, çevreyi koruma, maddelerin yeniden değerlendirilmesi gibi günümüzün önemli kavramları, konstrüksiyonun değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Aynı şekilde makinelerin daha

insancıl hale getirilmesi (ergonomi) faaliyetleri günümüzde önceye oranla daha ön plana çıkmıştır.

Konstrüksiyon sürecinin her adımında, elde edilen sonucun amaca uygunluğu kontrol edilerek olası hatalar, eksiklikler zamanında fark edilir ve gerekli düzeltmeler yapılır. Konstrüksiyonu yapılan ürünlerin iyileştirme işlemleri genellikle prototip aşamasında olmaktadır ki bu durum ürünün maliyetine ve teslim süresine zarar vermektedir.

Makine, cihaz veya alet tipi bir teknik yapıta ihtiyaç duyulmasından, fikir olarak düşünce dünyasında ortaya çıkmasından, o yapıtın işe yarar biçimde üretilebilmesine kadar belirli bir süre geçer. Teknolojinin gelişmesi, haberleşme ve bilgi iletişiminin hızlanması, araştırmalara ayrılan maddi kaynakların artmasıyla bu ürün geliştirme süreci her geçen gün daha da azalmaktadır. Teknik yapıtın insan beyninde bir fikir olarak dogmasından, kullanılabilir ilk ürünün piyasaya sunulmasına kadar, problemin türü ne olursa olsun aşağıdaki adımlar takip edilir:

- Konstrüktif beklentilerin tüm ayrıntıları ile anlaşılması, ortaya konması
- Çözüm olasılıklarının mümkün olduğunca çok sayıda bulunup kaydedilmesi
- Ortaya konan çözüm önerileri arasından en uygununun seçilmesi
- Seçilen çözümün resimlerinin çizilip imalata hazırlandığı detaylandırma aşaması
- Prototip imalatı, deneyler ve seri imalat izni

Bu adımların gerçekleştirilmesi için belirli sürelere ihtiyaç duyulur. Tarihi gelişim incelendiğinde başlarda çok uzun sayılabilecek sürelerin, yirminci yüzyılın son çeyreğinde geliştirilen ürünlerde oldukça kısaldığı gözlenmektedir.

Ürün geliştirme uğraşısında konstrüksiyon ve geliştirme aşamaları, ürünün ortaya konması için yapılan harcamaların %10 oluşturmasına rağmen ürün maliyetinin %70 gibi büyük bir oranını etkiler [10-12].

Bu bölümde, 70-100 HP motor gücünde çekici tarafından aktive edilen 3.00 m iş genişliğine sahip lazer kontrollü zemin tesviye makinesi konstrüksiyonu bölüm 2' de belirlenen gereksinimler göz önüne alınarak yeniden dizayn edilmesi açıklanacaktır. Çalışmalarda öncelikle lazer kontrollü zemin tesviye makinesi üzerine etkiyebilecek maksimum çeki kuvveti değeri deneysel olarak tespit edilmiştir. Mevcut zemin tesviye makinesi konstrüksiyonuna ait katı model bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak CATIA ile oluşturulmuştur.

CATIA programı, üretimde ve bilhassa otomotiv sanayinde kabul görmüş bir yazılımdır. Gelişimi devam eden CATIA' nın ergonomik oluşu, görüntü kalitesi, windows ile uyumu, modüllerinin arasında mümkün geçişleri ve tasarımdan üretime kadar olan çalışmalarda tek başına yeterli oluşu, her gün gelişen parça kütüphanesi, ölçeklenebilir oluşu, tasarımda izlenecek yolun tek olmayışı, kişinin tasarım kabiliyetinin önüne geçmemesi, bilimsel ve ticari anlamda destekleyen kuruluşların var oluşu bu programın artıları ve vazgeçilmezliğinin nedeni olarak söylenebilir. CATIA kullanıcı ara yüzü ikonları ve gerekli verilerin girildiği pencereleri içerir. CATIA diğer CAD/CAM programları tarafından tanınmaktadır [13].

Sonlu elemanlar metodunun kullanılması ve bilgisayarların sanayiye girmesiyle, bugüne kadar ancak pahalı deneysel yöntemlerle incelenebilen bir çok makina elemanının (motor blokları, pistonlar vs.) kolayca incelenebilmesi, hatta çizim esnasında mukavemet analizlerinin kısa bir sürede yapılarak optimum dizaynın gerçekleştirilmesi mümkün olabilmiştir.

Sonlu elemanlar metodunu diğer nümerik metodlardan üstün kılan başlıca unsurlar şöyle sıralanabilir:

a) Kullanılan sonlu elemanların boyutlarının ve şekillerinin değişkenliği nedeniyle ele alınan bir cismin geometrisi tam olarak temsil edilebilir.

b) Bir veya birden çok delik veya köşeleri olan bölgeler kolaylıkla incelenebilir.

c) Değişik malzeme ve geometrik özellikleri bulunan cisimler incelenebilir.

d) Sebep sonuç ilişkisine ait problemler, genel direngenlik matrisi ile birbirine bağlanan genelleştirilmiş kuvvetler ve yer değiştirmeler cinsinden formüle edilebilir. Sonlu elemanlar metodunun bu özelliği problemlerin anlaşılmasını ve çözülmesini hem mümkün kılar hem de basitleştirir.

e) Sınır şartları kolayca uygulanabilir.

Sonlu eleman probleminin çözümünde ilk adım eleman tipinin belirlenmesi ve çözüm bölgesinin elemanlara ayrılmasıdır. Çözüm bölgesinin geometrik yapısı belirlenerek bu geometrik yapıya en uygun gelecek elemanlar seçilmelidir. Seçilen elemanların çözüm bölgesini temsil etme oranında, elde edilecek neticeler gerçek çözüme yaklaşmış olacaktır. Sonlu elemanlar metodunda kullanılan elemanlar boyutlarına göre Tek boyutlu elemanlar, İki boyutlu elemanlar, Dönel elemanlar ve Üç boyutlu elemanlar olmak üzere dört gruptur. Bu çalışmada üç boyutlu sonlu elemanlar kullanılmıştır. Üç boyutlu bir sonlu elemanlar modelinin matematiksel modeline bakılacak olursa;

$$\{u\}=[u,v,w]^T \tag{4.1}$$

dir. Burada *u*, *v* ve *w* sırasıyla *x*, *y* ve *z* doğrultularındaki bileşenleri ve *T* yüzeysel kuvvetleri göstermektedir.

Gerilme ve şekil değiştirmeler ise,

$$\{\sigma\}=[\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy}]^T$$

$$\{\varepsilon\}=[\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}, \gamma_{xy}]^T \tag{4.2}$$

olmaktadır. Gerilme ile şekil değiştirmeler arasındaki ilişki,

$$\{\sigma\}=[D]\{\varepsilon\} \tag{4.3}$$

ile verilir. Burada [*D*] 6x6 boyutlarında elastisite matrisidir.

$$[D] = \frac{E}{(1+\upsilon)(1-2\upsilon)} \begin{bmatrix} 1-\upsilon & \upsilon & \upsilon & 0 & 0 & 0 \\ \upsilon & 1-\upsilon & \upsilon & 0 & 0 & 0 \\ \upsilon & \upsilon & 1-\upsilon & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5-\upsilon & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5-\upsilon & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5-\upsilon \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Şekil değiştirmelerle yer değiştirmeler arasındaki ilişki ise,

$$\{\varepsilon\} = \left[\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}, \frac{\partial w}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}, \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right]^T \quad (4.5)$$

şeklindedir.

Bu denklemler yalnızca üç boyutlu bir elemanın tanımlanması için kullanılan ifadelerdir. Bu tanımlamanın ardından prizmatik 3 boyutlu elemanın sonlu elemanlar modelinin formülasyonun elde edilmesi ve çözümü gerçekleştirilir. Bu işlem 6x6 ve üzeri matrislerin çözümünü gerektiren işlemleri barındırır. Bu işlemlerin bilgisayar desteği olmadan çözümü ise mümkün değildir [14].

CATIA üç boyutlu katı modellerin üzerinde gerilme analizlerini gerçekleştirir. Katı modellerin sonlu elman çözümlerinde bu neden ile üç boyutlu elemanlar kullanılır. Bir katı model hacmine ve geometrisine bağlı yüz binler ve katlarında üç boyutlu sonlu eleman içerebilir. Bu sayı bilgisayar işlemcisinin kapasitesine ve geometrik yapıya bağlı olarak mesh boyutu seçimi ile belirlenir.

CATIA'da bir sonlu elemanlar modelinin oluşturulması için öncelikle katı model oluşturulmalı ve ardından uygun malzeme özelliği atanması işlemi gerçekleştirilmelidir.

Bu çalışmada CATIA ile modellenen mevcut lazer kontrollü zemin tesviye makinesi küreği öncelikle deneysel olarak tespit edilen maksimum çeki kuvveti değeri ile gerilme analizlerine tabi tutulmuştur. Böylece mevcut sistemin dayanım değerleri elde edilmiştir. Geliştirilecek zemin tesviye makinesi küreğinin osilasyon hareketi

yapması amacıyla, mevcut civata bağlantılı sabit kürek sistemi, yataklı mil bağlantı sistemi ile değiştirilmiştir. Bu yeni kürek sistemi tasarımı tekrarlı montaj gerilme analizleri ile incelenerek geliştirilmiştir. Geliştirilen yeni tasarımda, maksimum zorlanma hali için kürek malzemesi değiştirilmeden sistemin 3 kat emniyetli olması sağlanmıştır. Daha sonra yük hücresi bağlantı sistemi, ana şasi ve taşıyıcı sistem tasarımları ile konstrüktif düzenlenmeler tamamlanarak, gereksinimlere çözüm olacak nihai tasarım elde edilmiştir.

4.1. Tasarım Hedeflerinin Belirlenmesi

Tasarım geliştirme çalışmaları, Bölüm 2'de ortaya konan gereksinimlere çözüm olarak gerçekleştirilen çalışmalardır. Geliştirilen tasarımın ilk adımı gereksinimlere çözüm olacak tasarımın isteklerinin belirlenmesidir.

4.1.1. Kürek Eğim Dengeleme Sistemi Tasarım Hedefleri

Küreğin bir merkez etrafında osilasyon hareketi yapmasının hedeflendiği bu sistem tasarımında;

- Kürek, merkezinden bir mile montaj edilmelidir.
- Bu mil ana şasi üzerinde yataklanmalıdır.
- Mil boyutlandırılması ve yatak seçimi; çalışma şartları ve çalışma saati öngörüsü ile gerçekleştirilen hesaplar ile belirlenmelidir.
- Osilasyon hareketinin, kürek maksimum yüksekliği ile de ilişkili olarak, +/- 11^{o} derece olmalıdır.
- Geliştirilen bu tasarım ile zemin tesviye makinesi ilerleme ve osilasyon hareketini eş zamanlı olarak 3 kat emniyet ile gerçekleştirmelidir.
- Geliştirilen sistem hidrolik güç sistemleri ile hareket ettirilmelidir.

- Kürek istenilen eğim değerinde otomatik kontrollü olarak veya operatör kontrolünde hareket etmelidir.

4.1.2. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi Tasarım Hedefleri

Orta-sert zeminler için tercih edilen çekici gücü-kürek genişliği ortalaması 30 HP/m seviyelerindedir. Çekilir tip zemin tesviye makinelerinin, maruz kalacağı maksimum zorlanma değerini çekicinin maksimum çeki kuvveti belirler. Makine üzerine uygulanan maksimum çeki kuvvetinin makine küreği üzerine yayılı yada bir noktadan (küçük bir kesit) uygulanması da makine üzerindeki hasarı belirler. Bu sistemin tasarımı, geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesinin ilerlemesi için gerekli çeki kuvvetinin, yük hücresi ile elektronik olarak ve ilerlemenin her anında ölçülmesine dayanır. Bu bakımdan;

- 20 tonluk çeki tipi bir yük hücresi makine çeki bağlantı sistemine dahil edilmelidir.

- Bu tasarımda yük hücresi çeki kuvveti etkisi ile çeki eksenine yönlenmeli ve bu çeki eksenindeki kuvveti ölçmelidir.

- Yük hücresi, makine ve çekici arasındaki ilerleme yönüne dik eksendeki eğim farkından etkilenmemelidir (burulmaya maruz kalmamalıdır).

- Zemin tesviye işlemi operasyon koşulları nedeniyle yük hücresi toz, sıvı ve darbelere karşı korumalı bir bölümde yer almalıdır.

- Geliştirilen lazer kontrollü zemin tesviye makinesi üzerine etkiyen çeki kuvvetini ölçen bu bağlantı sistemi farklı çekici bağlantı yüksekliklerine de ayarlanabilir ve pim bağlantılı olmalıdır.

4.1.3. Mevcut Makine Üzerinde Genel Düzenleme Tasarım Hedefleri

Mevcut zemin tesviye makinesi taşıyıcı sistemi tekerlek sayısı 2'dir. Dingil mesafesi açıklığı 2.0 m ve taşıyıcı profil uzunluğu 2.10 m'dir. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi kürek genişliği 3.0 m' dir. Makinenin eğim dengeleme sistemi ve tesviye işlemi başarısının arttırılması amacıyla:

- Tekerlek sayısı 4 adete çıkarılmalıdır.
- Tekerlekler mafsallı bir mekanizma üzerinde 140 cm mesafede ve farklı iz genişliğin de hareket etmelidir.
- Taşıyıcı sistemin tekerlek açıklık dış mesafesi 2.8 m olarak düzenlenmelidir.
- Taşıyıcı sistem profil uzunluğu 1.60 m uzunluk değerine düzenlenerek makine operasyon uzunluğu azaltılmalıdır.
- Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesinde kürek genişliği karayolunda ilerleme için sorun oluşturmayacak maksimum değerde, 3.2 m olmalıdır.
- Mevcut hidrolik yağ tankı kapasitesi 48lt' dir ve 65 lt seviyelerine arttırılmalıdır.
- Geliştirilen lazer kontrollü zemin tesviye makinesi ağırlık merkezi küreğe oldukça yakın olmalıdır.

4.2. Tesviye Makinesine Etkiyen Maksimum Çeki Kuvveti Değerinin Belirlenmesi

Geliştirilen lazer kontrollü zemin tesviye makinesi 100 HP motor gücüne sahip 4x4 bir çekici ile hareket ettirilmektedir. Zemin tesviye işlemi olağan operasyon hızı 5-7 km/h'tir. Çekicinin bu hız değerlerinde uygulayabileceği maksimum çeki kuvveti değeri deneysel olarak tespit edilmiştir. Bu amaçla 20 ton kapasiteli çekme tipi yük hücresi için bağlantı aparatları düzenlenmiştir. Yük hücresi bu aparatlar yardımı ile çekiciye ve

çekici için sabit bir nokta olarak düşünülebilecek, ilerleme hareketi için 7 tonf üzerinde çeki kuvveti gerektiren bir cihaza bağlanmıştır. Bu cihaz tekerlekleri üzerinde hidrolik silindir ile aşağı yukarı hareket ettirilebilmektedir. Bu bağlantının ardından yük hücresi elektrik sistemi çekici elektrik sistemi ile beslenmiş ve amplifikatör bağlantısı yapılmıştır. Amplifikatör yük hücresi tarafından ölçülen kuvvet değerini ekranı ile göstermektedir. Böylece sistem maksimum çeki kuvvetinin ölçülmesi için hazır durumdadır. 5-7 km/h hız aralığında ve uygun motor devrinde tekerlekleri üzerinde çekilen cihaz zemin üzerine hidrolik sistemi ile bırakılmıştır. Bu durumda gözlemlenen maksimum çeki kuvveti 34 kN' dur (Şekil 4.1.). Ancak, bu çeki kuvveti değeri sürdürülebilir bir kuvvet değeri değildir yani çekici sabit hızda ve sürekli olarak 34 kN yükü çekemez. Sürdürülebilir maksimum yük değeri pratik olarak bu değerin yaklaşık 2/3'ü kadardır. Dahası bu değer çekicinin zemin yüzeyinde tutunma kabiliyeti ile de ilgilidir. Pratik uygulamalarda çekicinin tekerleklerinin patinaj yapması nedeniyle uygulayabileceği kuvvet değerini makine üzerine etkitemediği sıkça görülen bir durumdur.



Şekil 4.1. Çekici maksimum çeki kuvvetinin belirlenmesi

Sisteme etkiyen en büyük çeki kuvveti değerinin belirlenmesinin ardından tasarım çalışmaları bilgisayar destekli mühendislik ile gerçekleştirilmiştir.

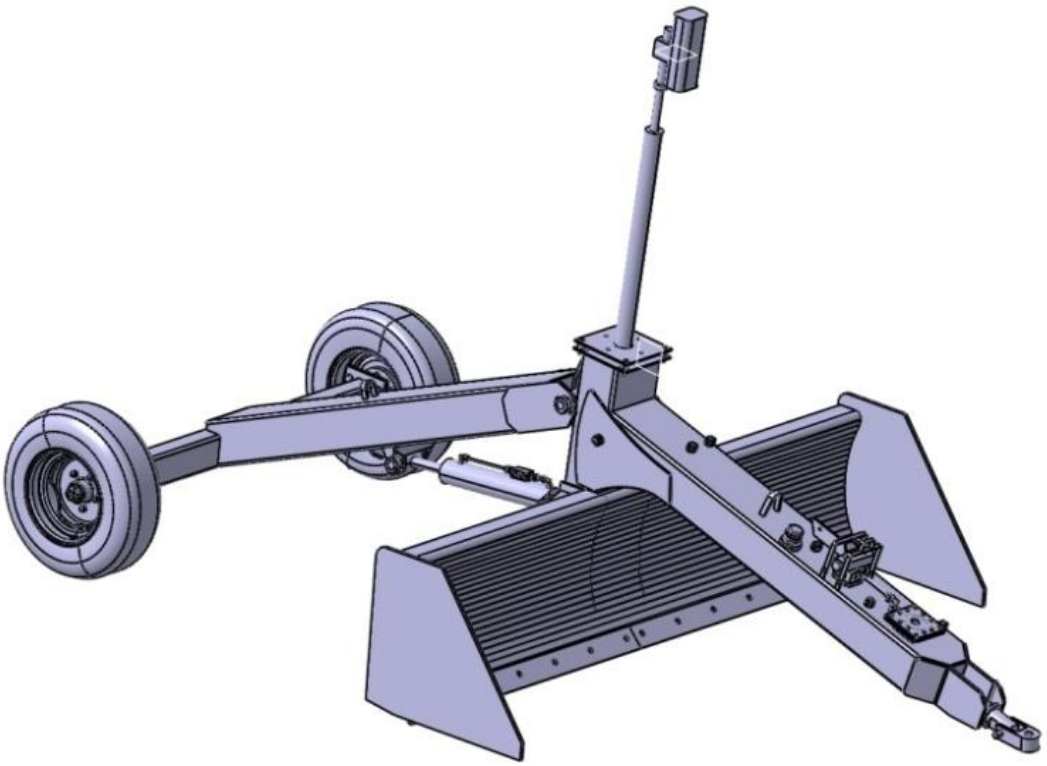
4.3. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesinin Bilgisayar Destekli Mühendislik ile İncelenmesi

Bilgisayar destekli mühendislik (CAE) bir konstrüksiyonu çok yönlü ele almanın en iyi yöntemidir. Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen tasarımlar uygun analizler ile yine bilgisayar ortamında değerlendirilir.

Gerçek bir tasarımda, mevcut sistem üzerinde ürün geliştirme çalışması yapılmak istendiğinde bu mevcut sistemin bilgisayar ortamında modellenmesi önemli bir aşamadır. Bu modelin mevcut sistemi bilgisayar ortamında doğru temsil etmesi gerekir. Gerçek bir ürün geliştirme çalışmasında diğer önemli husus ise üretilebilirliktir. Bilgisayar destekli mühendislik ile oluşturulan tasarım birçok açıdan çok başarılı değerler sunabilir. Ancak üretilmesi mantıksız yada imkansız bir tasarım bilgisayar ortamındaki sanallığı ile kalır yada büyük ekonomik kayıplara neden olur. Bu nedenle bir konstrüksiyonun oluşturulmasında metodik konstrüksiyon prensiplerinin de göz önünde bulundurulması gerekir. Konstrüksiyon bu prensipler ışığında hedefine uygun olarak tasarlanır, boyut ve kesitleri sistem gereksinimlerine uygun olarak tekrarlı gerilme analizleri ile belirlenir (15-20).

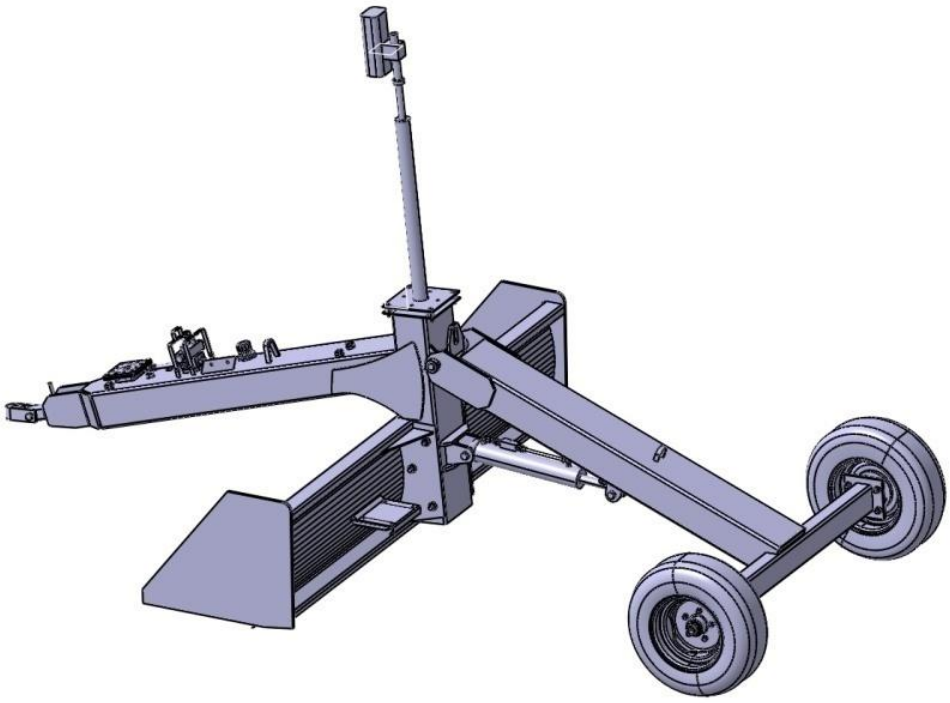
4.3.1. Mevcut Lazer Kontrollü Tesviye Makinesinin Katı Modelinin Oluşturulması

Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi 1:1 ölçekte CATIA ile üç boyutlu olarak modellenmiştir (Şekil 4.2).



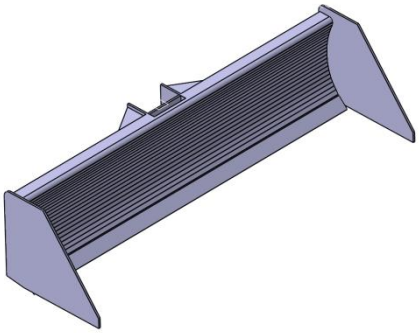
Şekil 4.2. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi katı modeli

Mevcut makine kürek bağlantısı ve taşıyıcı sistemi Şekil 4.3’ te görülmektedir.

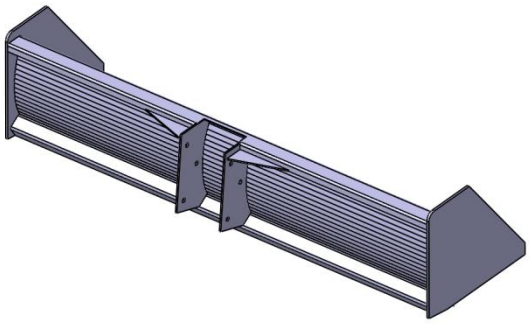


Şekil 4.3. Mevcut zemin tesviye makinesi kürek bağlantı sistemi ve taşıyıcı sistemi modeli

Makine taşıyıcı sistemi ve ana şasi geliştirilen yeni kürek sistemi için yeniden boyutlandırılacağından mevcut makineye ait bu parçalarda gerilme analizleri gerçekleştirilmemiştir. Zemin tesviye makinesinin tasarım geliştirme çalışmalarının temelini kürek oluşturmaktadır. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesine ait kürek; bıçağı ve bağlantı plakaları ile tek parça olarak modellenmiştir (Şekil 4.4, 4.5).

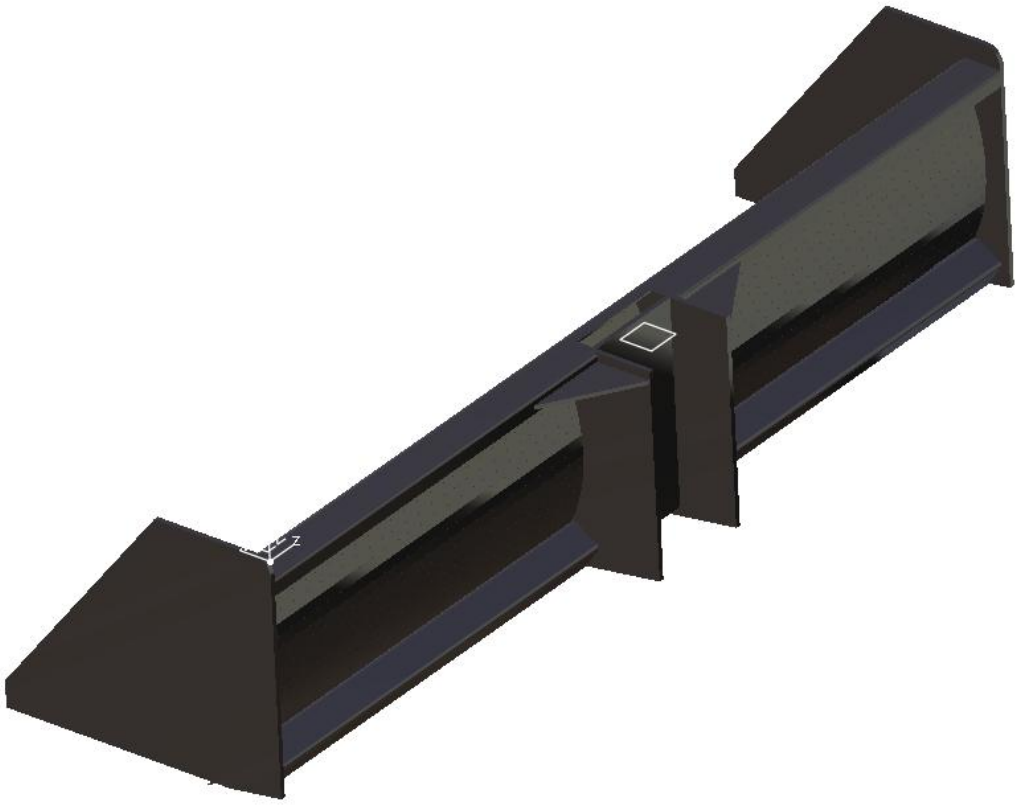


Şekil 4.4. Mevcut kürek katı modeli



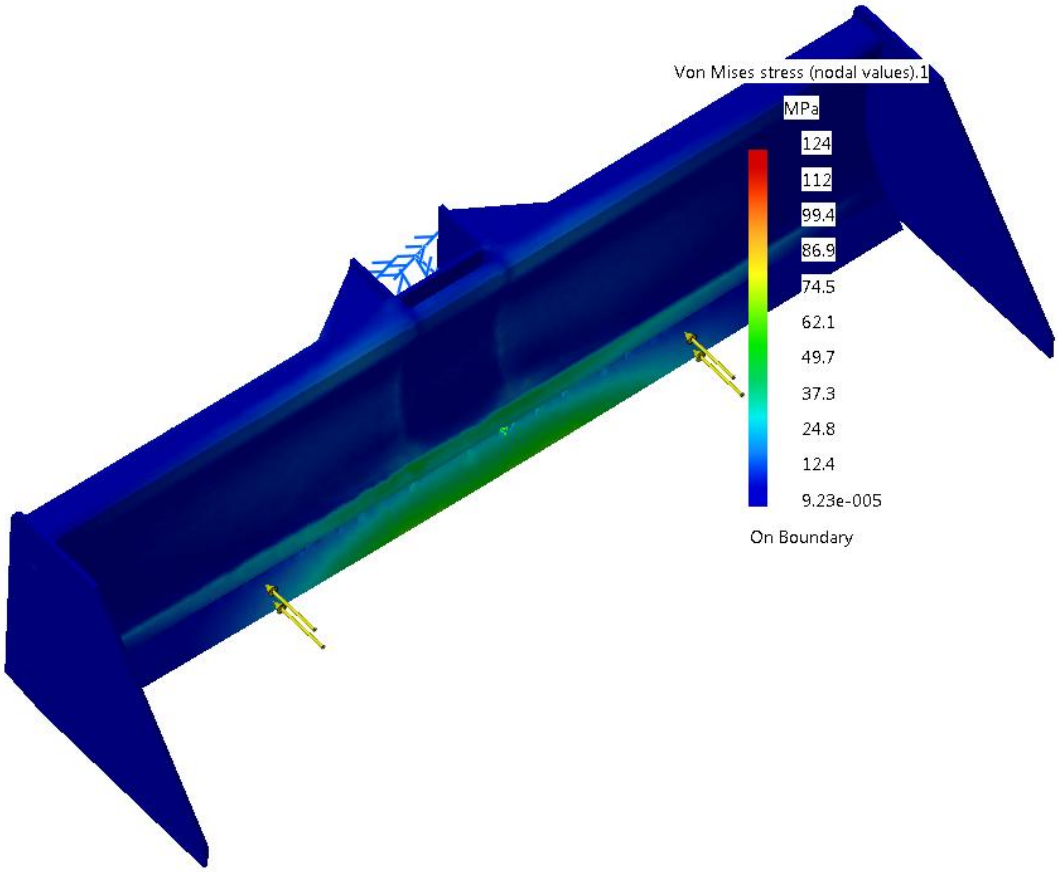
Şekil 4.5. Mevcut katı modeli ana şasi bağlantısı

3200 mm genişliğinde ve ana şasiye civata ile bağlantılı olan mevcut kürek, tasarım hedefleri doğrultusunda bilgisayar destekli mühendislik ile incelenmiştir. Küreğin genişliğine bağlı olarak yeni tasarım için kullanılabilecek maksimum çekici kapasitesi 40 kN' dur. Küreğe ait katı modele çelik malzeme özelliği atanmıştır ve gerilme analizi için kullanılacak eksen takımı belirlenmiştir (Şekil 4.6)



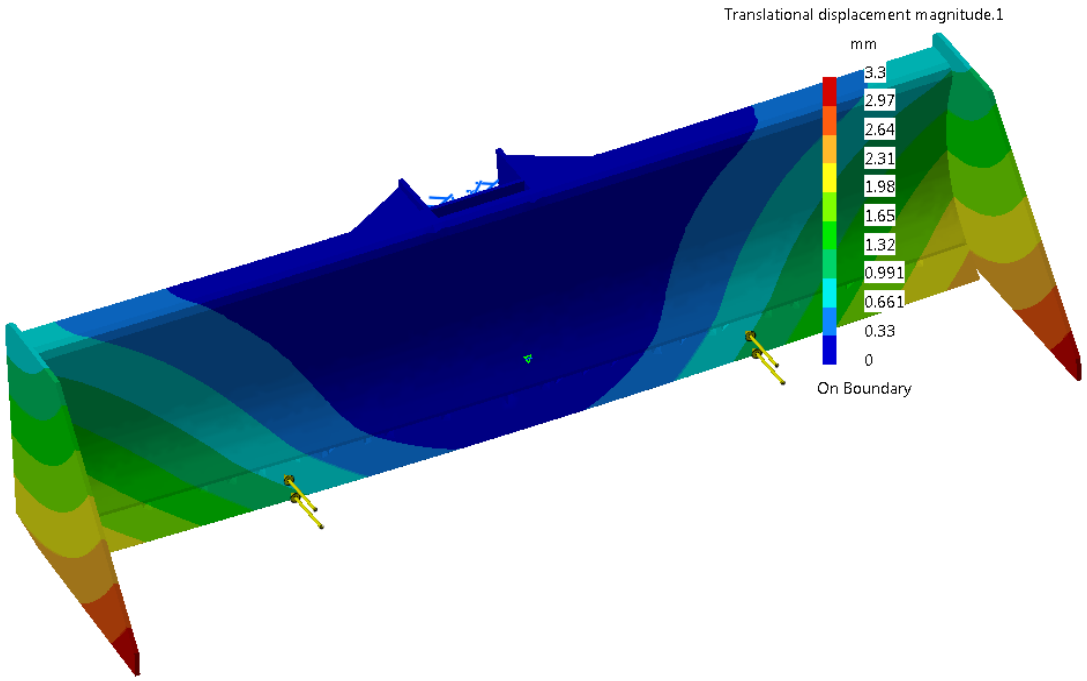
Şekil 4.6. Kürek birleşik katı modeline malzeme özelliğinin atanması

40 kN' luk yükün küreğe yayılı yük olarak etkimesi küreğin genel zorlanma halidir. Bu durumda kürek kesitinde ortaya çıkacak olan maksimum gerilme değeri şekil 4.7'de görüldüğü gibi 124 MPa'dır. Bu gerilme değeri kürek malzemesinin akma gerilmesinin yaklaşık olarak yarısı kadardır ve uygundur.



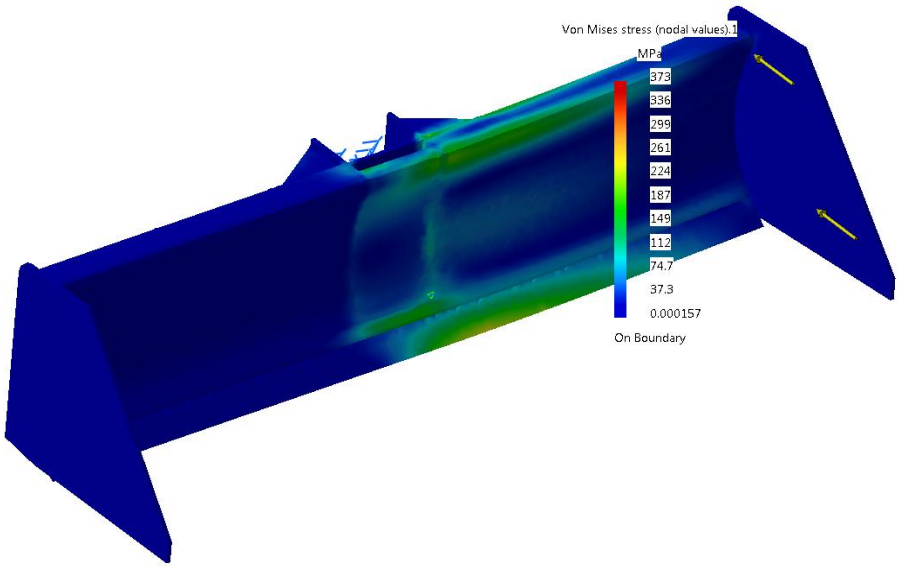
Şekil 4.7. Mevcut kürek genel çalışma hali gerilme analizi

Bu yükleme durumu için kürek üzerinde maksimum yer değiştirme değeri ise 3.3 mm ve sistem için uygundur (Şekil 4.8).



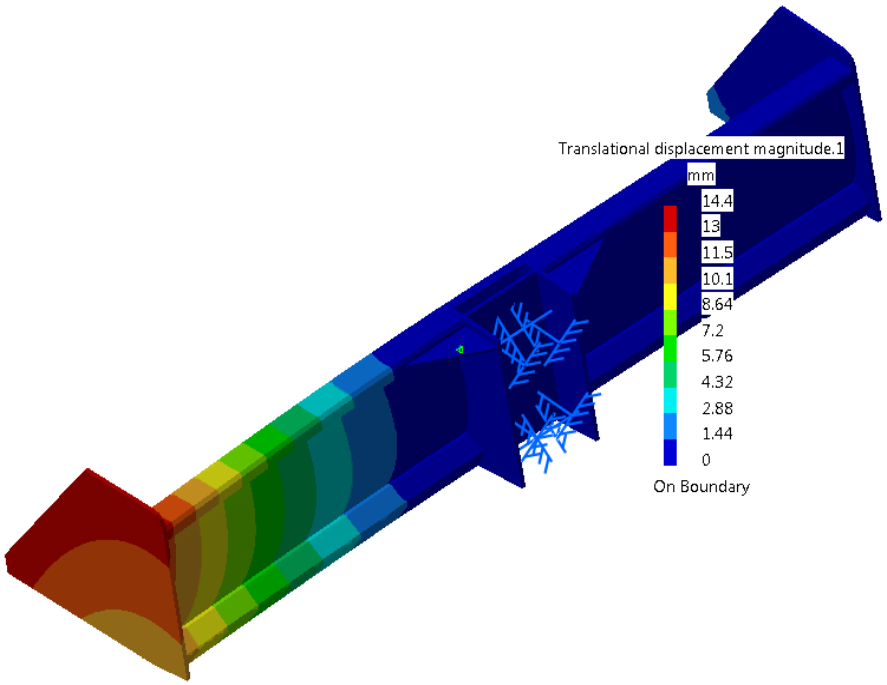
Şekil 4.8. Mevcut kürek genel zorlanma hali yer değiştirme miktarı

Kullanım koşullarına bağlı olarak kabul edilen 40 kN'luk maksimum yük, küreğin merkezinden 1600 mm yatay mesafede küreğin yan plakası etkir ve birim kesitin maksimum zorlanma hali budur. Bu zorlanma hali için oluşturulan sonlu elemanlar modeli çözümlenmiş ve Şekil 4.9'da görüldüğü gibi sistem üzerindeki maksimum gerilme değeri 373 MPa olarak elde edilmiştir. Bu gerilme değeri kürek malzemesi olan St 37'nin akma dayanımından oldukça yüksektir. Küreğin böylesi bir zorlanma halinde plastik deformasyona uğrayacağı açıktır.



Şekil 4.9. Mevcut kürek maksimum zorlanma hali gerilme analizi

Bu maksimum zorlanma halinde maksimum yer değiştirme miktarı 14.4 mm dir. Bu yer değiştirme değeri de kürek sistemi için yüksek bir değerdir (Şekil 4.10).



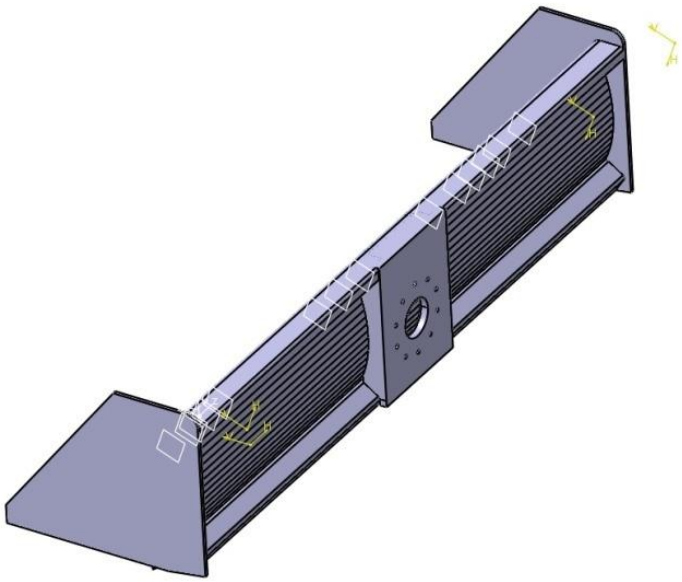
Şekil 4.10. Mevcut kürek maksimum yer değiştirme miktarı

Küreğin maksimum zorlanma hali ve genel zorlanma hali için gerçekleştirilen gerilme analizleri ile mevcut sistemin yük taşıma kabiliyeti incelenmiştir. Bu analizler ışığında mevcut kürek bağlantı sistemi ile tasarlanan 3 kat emniyetli çalışmanın hiçbir zorlanma hali için sağlanamadığı, hatta maksimum zorlanma durumunda deformasyonun gerçekleşeceği sonucuna varılmıştır.

4.4. Lazer Kontrollü Tesviye Makinesi Kürek Sistemi Tasarımının Geliştirilmesi

4.4.1. Kürek - Mil Bağlantı Sistemi Tasarımının Geliştirilmesi

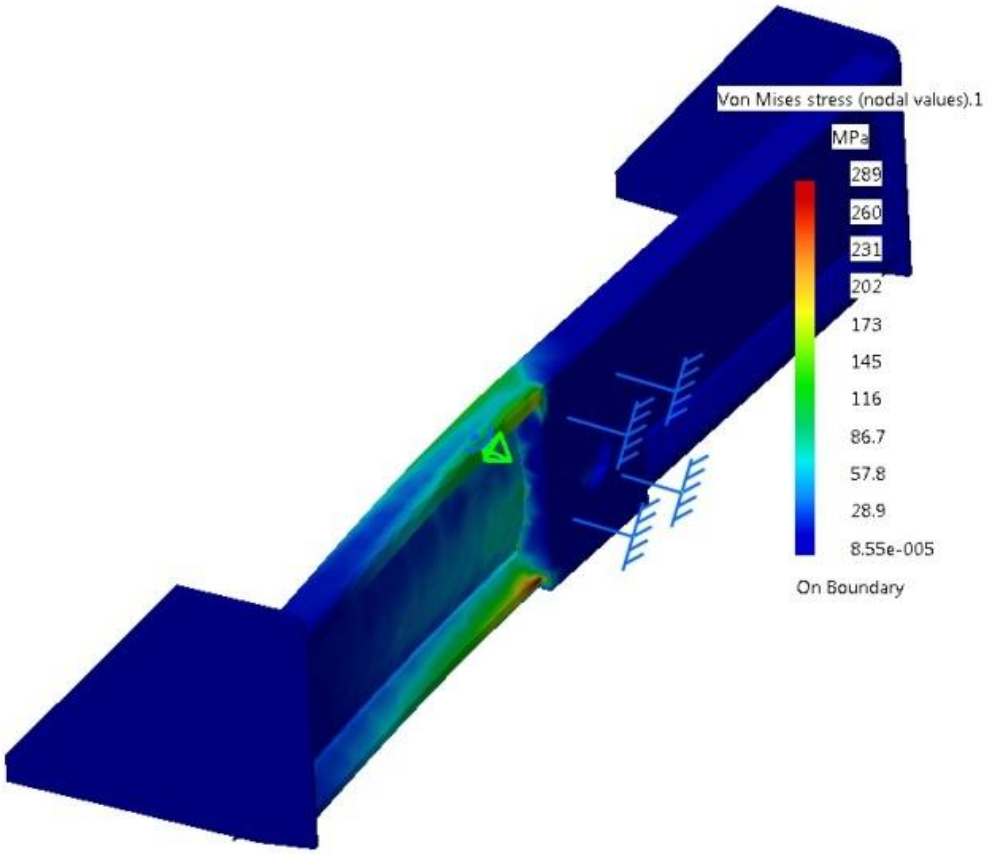
Mevcut sistemde küreğin hem yük taşıma kapasitesi düşüktür hem de bağlantı sistemi eğim dengeleme sistemi için gerekli osilasyon hareketine uygun değildir. Küreğin düşey eksenle +/-11 derecelik osilasyon hareketi yapması amacıyla ilk olarak şekil 4.6 .da görülen kürek-cıvata bağlantı sistemi, şekil 4.11 de görülen kürek-mil bağlantı sistemine dönüştürülmüştür.



Şekil 4.11. Geliştirilmiş kürek mil flanşlı bağlantı sistemi

Bu bağlantıda kürek bağlantı plakası genişliği 450 mm' dir. Bu bağlantı plakası üzerinde mil bağlantısı için 160 mm çapında bir delik ve 10 adet cıvata deliği mevcuttur.

Bu tasarıma ait yeni modelin gerilme analizi maksimum zorlanma hali için gerçekleştirildiğinde maksimum gerilme değeri 289 MPa elde edilir. Bu bağlantı sistemi ile mevut sisteme göre maksimum gerilme değeri %22.5 oranında azalmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Geliştirilen kürek bağlantı sistemi maksimum gerilme analizi

Gerilme değerinin bir miktar düşmesine rağmen küreğin bu bağlantı sistemi ile de 40 kN' luk yük değerini taşıyamayacağı ve deformasyona uğrayacağı açıktır.

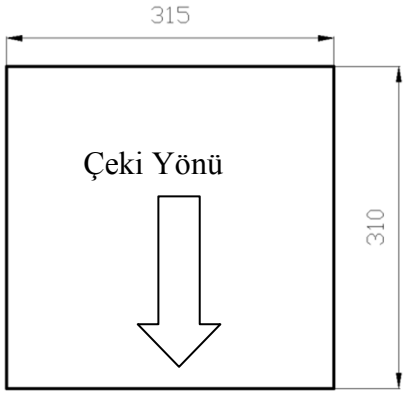
4.4.2. Ana Şasi Kolon Boyutlandırması ve Mil Tasarımı

Mevcut zemin tesviye makinesi ana şasi profili 300 mm x 200 mm ölçülerinde standart dikdörtgen çelik profilden oluşmaktadır ve et kalınlığı 6.3 mm'dir (Şekil 4.13).



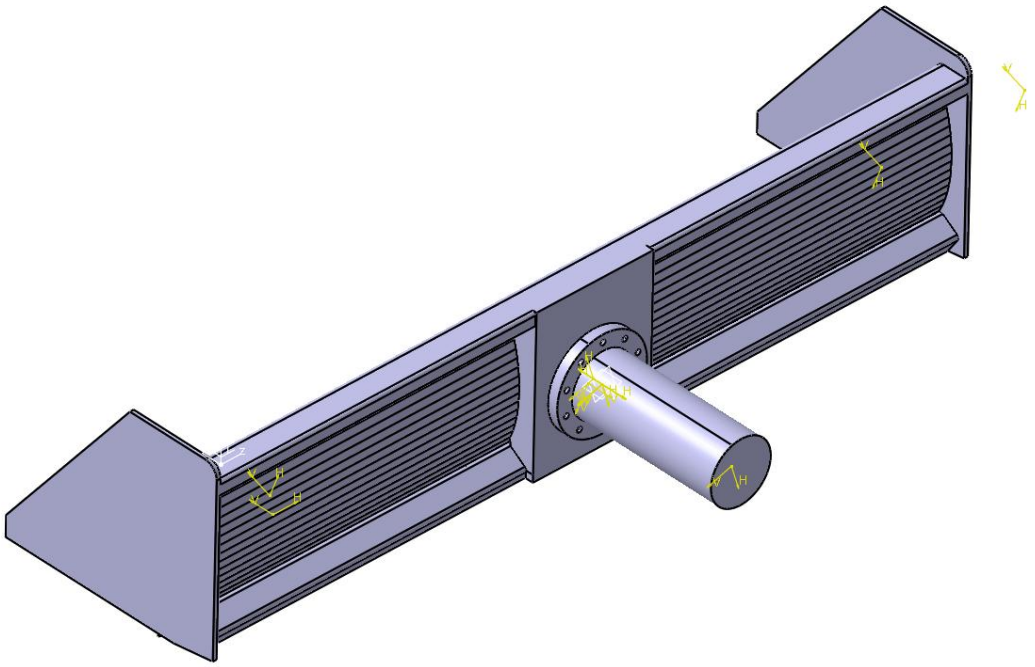
Şekil 4.13. Dikdörtgen (300 mm x 200 mm) standart çelik profil

Mevcut makinenin çeki profili ve küreğin bağlantısının gerçekleştirildiği kolonu bu standart profilden imal edilmiştir. Ancak bu standart profil eğim dengeleme sistemi yatak çözümü için uygun boyutlarda değildir. Bu bakımdan yeni bir kürek taşıyıcı kolon sisteminin tasarlanması ve boyutlandırılması gerekmektedir. Geliştirilen zemin tesviye küreği tasarımının mevcut ana şasi standart profil ölçüleri ile uyumlu olması açısından kürek taşıyıcı kolon dış boyutları 315 mm x 310 mm x 10 mm olarak belirlenmiştir. Profil et kalınlığı ise gerilme analizleri ile ana şasi tasarımında gerçekleştirilecektir (Şekil 4.14).



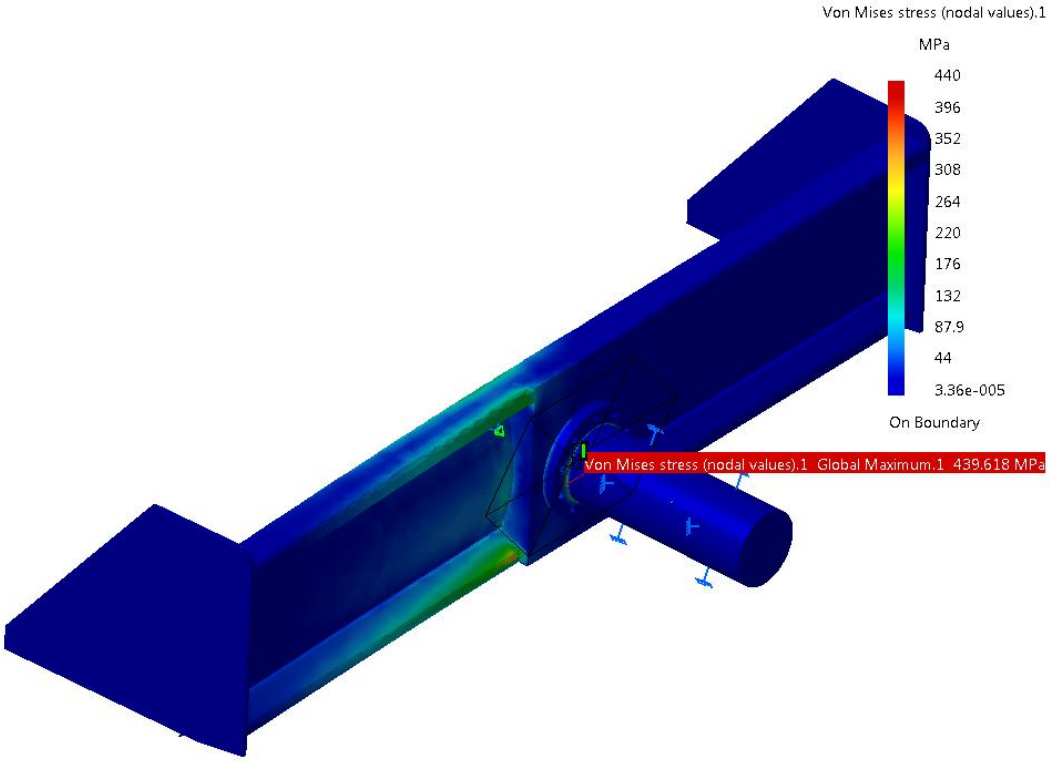
Şekil 4.14. Ana şasi kolon profili çerçeve boyutlarının belirlenmesi

Ana şasi kolon profili boyutlarına bağlı olarak mil çapının 315 mm'den küçük olması gerektiği açıktır. Milin dış çapını belirleyen iki önemli etmen vardır. Birincisi mukavemet, ikincisi ise yataklama problemidir. Ana şasi profil et kalınlığı ve milin yataklanmasındaki konstrüktif zorunluluklar sebebiyle mil çapı maksimum 240 mm ve uzunluğu 700 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Kürek maksimum çaplı mil bağlantısı

Böylesi bir mil bağlantı sistemi için gerçekleştirilen gerilme analizinde, sınır şartlarının mil üzerinde oluşturulması ile elde edilecek değerlerin Şekil 4.12'de elde edilen değerlerden yüksek olacağı açıktır. 70466 düğüm noktası 311094 elaman ile gerçekleştirilen gerilme analizinde maksimum zorlanma haline göre gerilme 440 MPa değerine yükselmiştir (Şekil 4.16).

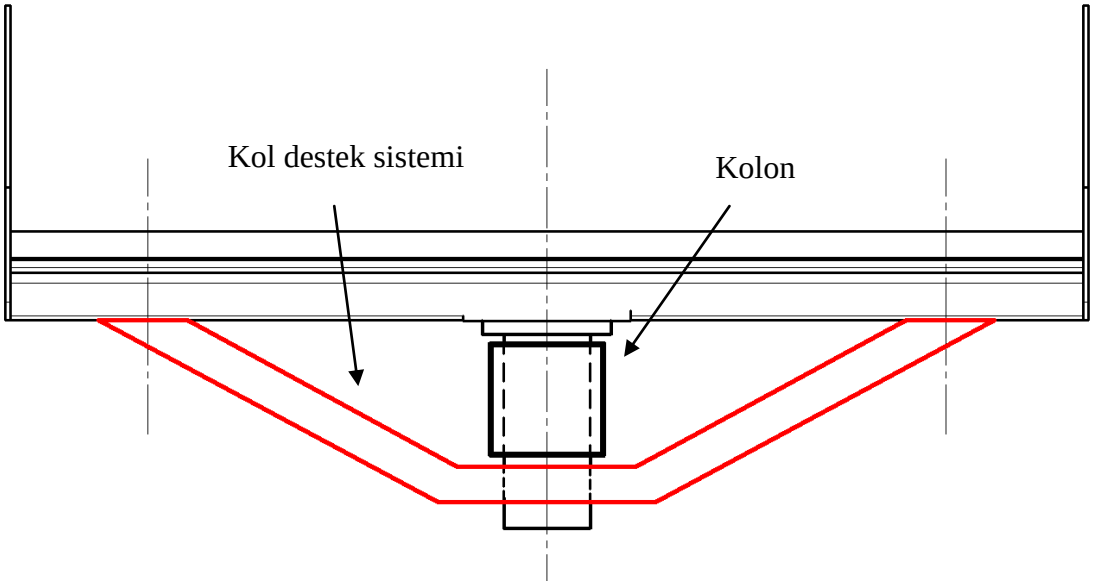


Şekil 4.16. Kürek mil bağlantısı gerilme analizi

Bu gerilme değeri 240 mm çaplı ve 263 kg ağırlığındaki çelik bir mil için oldukça yüksek bir değerdir. Tasarlanan bu mil 40 kN çeki kuvvetini mevcut makinede taşıyamayacaktır.

4.4.3. Kürek Kol Destek Sistemi Tasarımı

Önceki bölümde tasarlanan mil çapının mevcut haldeki tesviye küreği yükünü hasara uğramadan taşıyamayacağı hesapla ortaya çıkmıştı. Bu durumda ilk olarak mil çapının arttırılması düşünülebilir. Ancak mil çapının artması hem standart kolon profilleriyle uyumsuzluk yaratacaktır hem de yeterince ağır olan sistemin ağırlığını daha da arttıracaktır. Bu durumda mil çapını azaltmak ve bu azalma sonu ortaya çıkacak mukavemet sorununu başka bir tasarım ile çözmek gerekecektir. Bu amaçla, mil çapını daha küçük değerde seçmek ve küreğin +/- 11 derece osilasyon hareketini de yapabileceği şekilde dayanımını arttırmak amacı ile kol destek sistemi tasarlanmıştır. Bu tasarımda ana şasi taşıyıcı kolonu kürek ile kol destek sistemi arasında yer alır (Şekil 4.17). Tasarım hedeflerine yönelik bu sistemin boyutlandırılması için öncelikle uygun yatak seçimi gerçekleştirilmelidir.

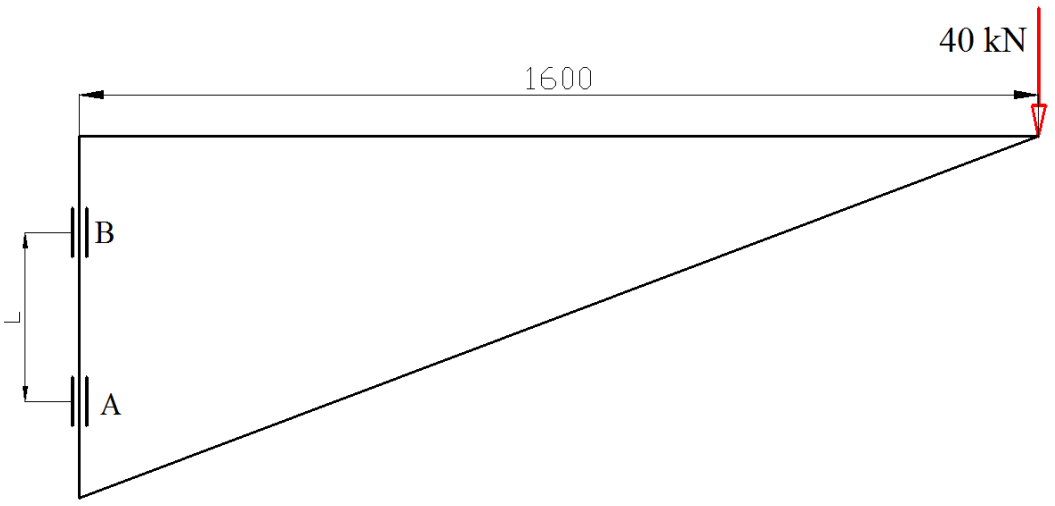


Şekil 4.17. Geliştirilen kürek kol destek sistemi tasarımı

4.4.4. Mil-Yatak Seçimi

Küreğin osilasyon hareketi gerçekleştirmesi tasarlandığı için yatak seçimi özel bir durumdur. Çünkü bilindiği gibi osilasyon hareketi bir salınım hareketidir ve 360^0'lik bir dönme hareketi sözkonusu değildir. Bu durumda yuvarlanan tanecikleri olan rulmanların seçilmesi önerilmemektedir. Mil-yatak seçimi probleminde öncelikle rulman hesabı yapılmalıdır. Mil çapı ise seçilecek rulmana göre belirlenmelidir.

Küreğin bağlantısının gerçekleştirildiği flanşlı milin uzunluğuna bağlı olarak 2 adet rulman ile yataklanması öngörülmüştür. Ana şasi kolonu, milin maksimum dış çapını sınırladığı gibi yataklar arasındaki Şekil 4.18'te gösterilen L mesafesini de sınırlandırmaktadır. Yatakların ana şasi kolonu içinde yer alması amaçlanmıştır. L mesafesi küçük seçilirse Şekil 4.18'de gösterilen A ve B yatak yüklerinin artacağı da açıktır.



Şekil 4.18. L mesafesinin tanımlanması

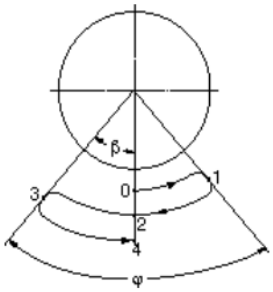
310 mm uzunluğa sahip olan ana şasi kolonu için L mesafesi 280 mm seçilmiş ve A ile B radyal yatak yükleri MdSolids programı yardımıyla 228.57 kN olarak hesaplanmıştır. Eksenel yatak yükleri ise 20 kN' dur (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. A ve B yatak yüklerinin MdSolids çözümü

Makine operasyon sırasında 40 kN üzerindeki çeki yüklerine karşı otomasyon sistemi ile korunacaktır. Bu nedenle yatak seçiminde 2 kat emniyet yeterlidir. Böylece A ve B yatakları için radyal yük değeri 457.14 kN, eksenel yük değeri ise 40 kN olarak seçilir.

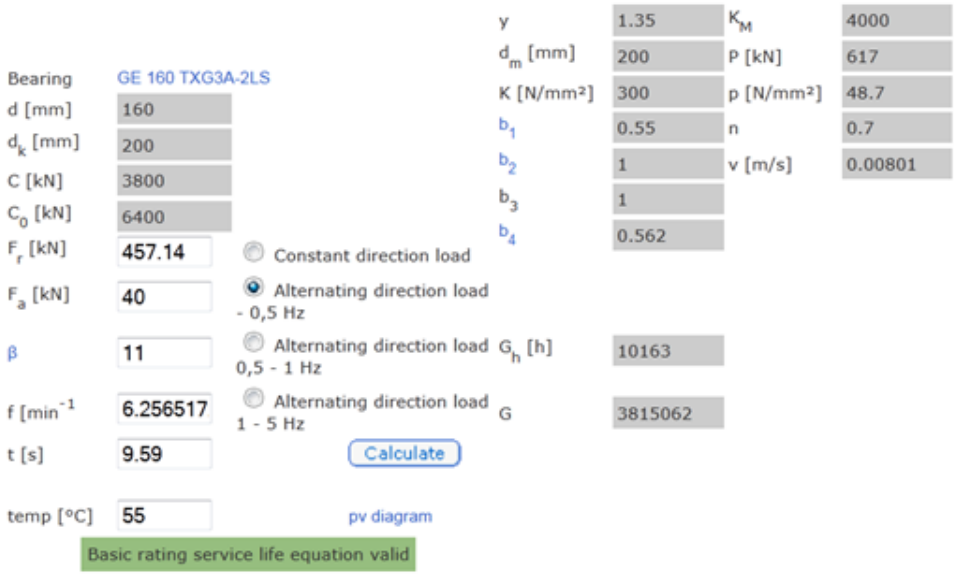
Osilasyon hareketi gerçekleştiren kürek için osilasyon açısı $\varphi = 2\beta = 22^0$ dir. Toplam osilasyon açısı Şekil 4.20'de görüldüğü üzere 4β' dır. Bir osilasyon çevrimi 0-4 noktalarından t (s) süresinde geçilmesi ile gerçekleşir ve seçilen hareket hızı için sistemimizde maksimum t=9.59 s' dir.



Şekil 4.20. Osilasyon hareketi

Hesaplanan yatak yük değerleri için 0.5 Hz dinamik yüklemede, -15^0/ 50 ^oC çalışma sıcaklıklarında 10.000 saat ömüre sahip, osilasyon hareketine uygun yatak seçimi yapılması gerekmektedir. Sistem osilasyon hareketi yapacağından rulman seçilirken yalnızca yatak yüküne göre seçim yapmak doğru değildir. Bilyeli ve makaralı rulmanlar osilasyon hareketine uygun olmadıkları için tasarımda kayar mafsallı rulman kullanılmasına karar verilmiştir. Kayar mafsallı rulmanların düşük devirlerde yük taşıma kabiliyetleri çok yüksektir. Tasarlanan yatak yükleri ve belirlenen çalışma ömrüne bağlı olarak SKF Online Rulman Hesabı Ara yüzü kullanılmış ve sistem yüklerini en az 10000 saat taşıyabilecek olan rulman SKF GE 160 TXG3A-2LS olarak belirlenmiştir (Şekil 4.21). Kendine ait keçeleri mevcut olan bu rulman yuvarlanan tanecikler içermez ve tam bakımsızdır. Bu rulmana ait teknik değerler ise Şekil 4.22' de görülmektedir [21]

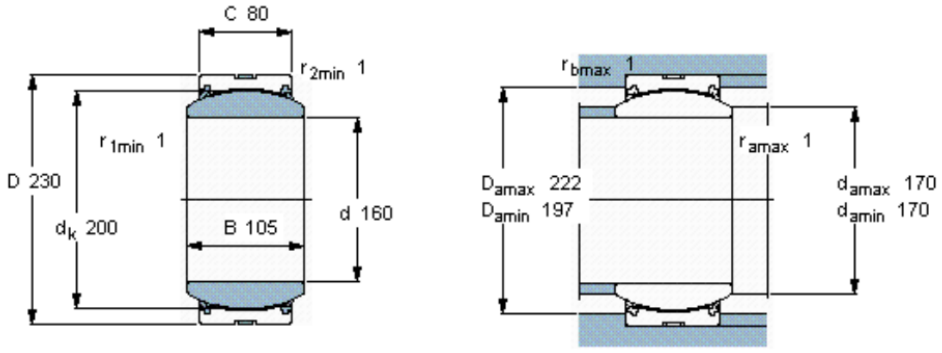
SKF Online Rulman Hesabı Arayüzü



G	Servis ömrü [Salınım sayısı]	b_4	Hız faktörü
G_h	Servis ömrü [Çalışma saati]	p	Belirli rulman yükü [N/mm²]
G_{hN}	Düzenli yağ değişimi için servis ömrü [Salınım sayısı]	v	Kayma hızı [m/s]
d	Rulman silindir çapı [mm]	β	Salınım açısının yarısı [derece]
d_m	Rulmanın iç çapı=0,5 (d+D) [mm]	t	Salınım boyunca geçen zaman (4β) [s]
d_k	İç halka çapı [mm]	f	Salınımın frekansı [min^{-1} veya dönüş hızı [r/min]]
C	Dinamik yük oranı [kN]	f_β	Salınım açısına bağlı katsayı
C_O	Statik yük oranı [kN]	f_H	Yağ değişimi frekansına bağlı katsayı
F_r	Dairesel rulman yükü [kN]	n	Yüzeylerin temas kombinasyonlarına bağlı kayma katsayısı
F_a	Eksenel rulman yükü [kN]	K_m	Malzeme
P	Eşdeğer dinamik rulman yükü [kN]	y	Radyal yüke eksenel orana bağlı bir katsayı [F_a/F_r]
b_1	Yükleme yönü faktörü	N	Yağ değişim sıklığı [çalışma saati]
b_2	Sıcaklık faktörü	temp	İşlem sıcaklığı [°C]
b_3	Kayma faktörü		

Şekil 4.21. Kayar mafsallı radyal rulman ömür hesabı

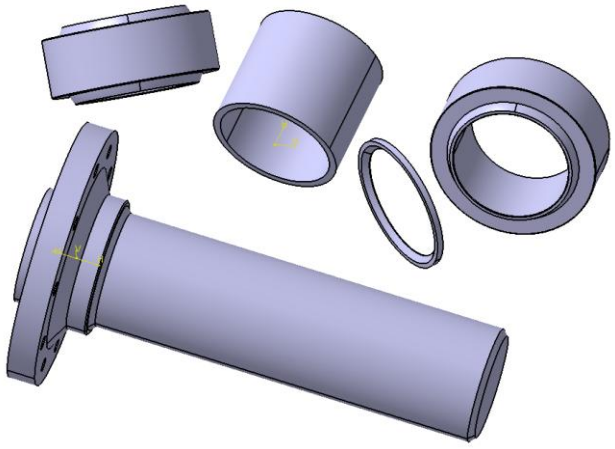
Principal dimensions				Angle of tilt	Basic load ratings dynamic	static	Mass	Designation
d	D	B	C	±	C	C_0		
mm				degrees	kN		kg	-
160	230	105	80	8	3800	6400	14,0	**GE 160 TXG3A-2LS**



Şekil 4.22. Kayar mafsallı radyal rulman teknik özellikleri

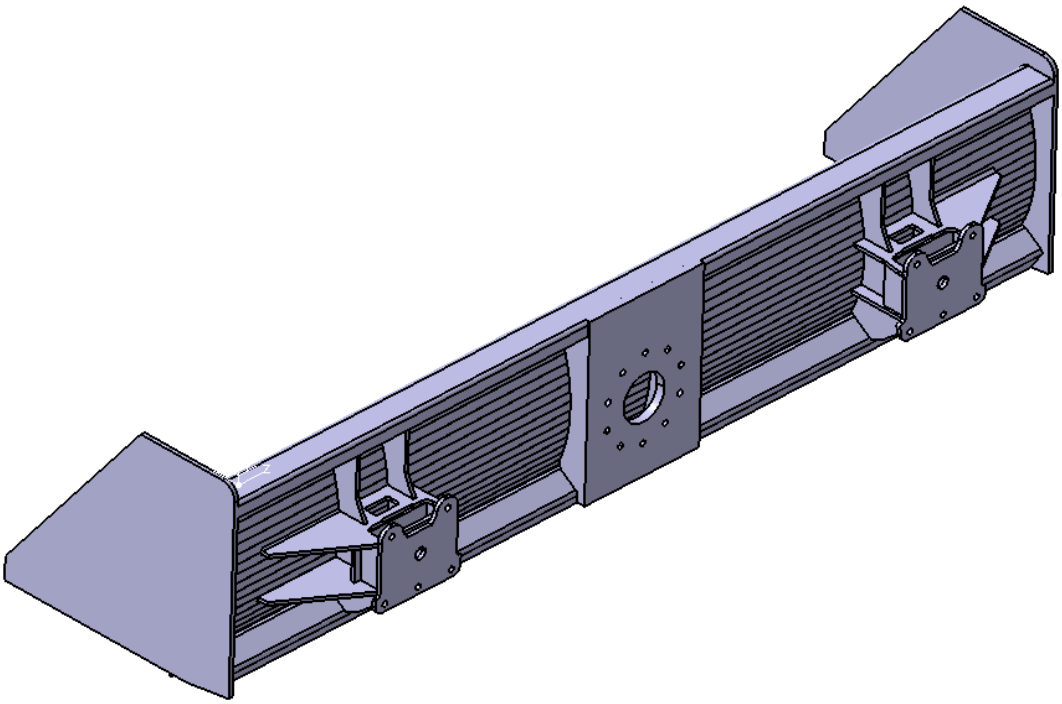
4.4.5. Mil Boyut Kontrolü ve Montaj Gerilme Analizleri

Mil çapı, yatak ömür hesabına göre belirlendiği için gerilme analizi gerçekleştirilerek mil dayanımının incelenmesi gerekmektedir. Şekil 4.23'te gösterilen montaj parçalarına ait gerilme analizi CATIA Montaj Gerilme Analizi ile gerçekleştirilmiştir.



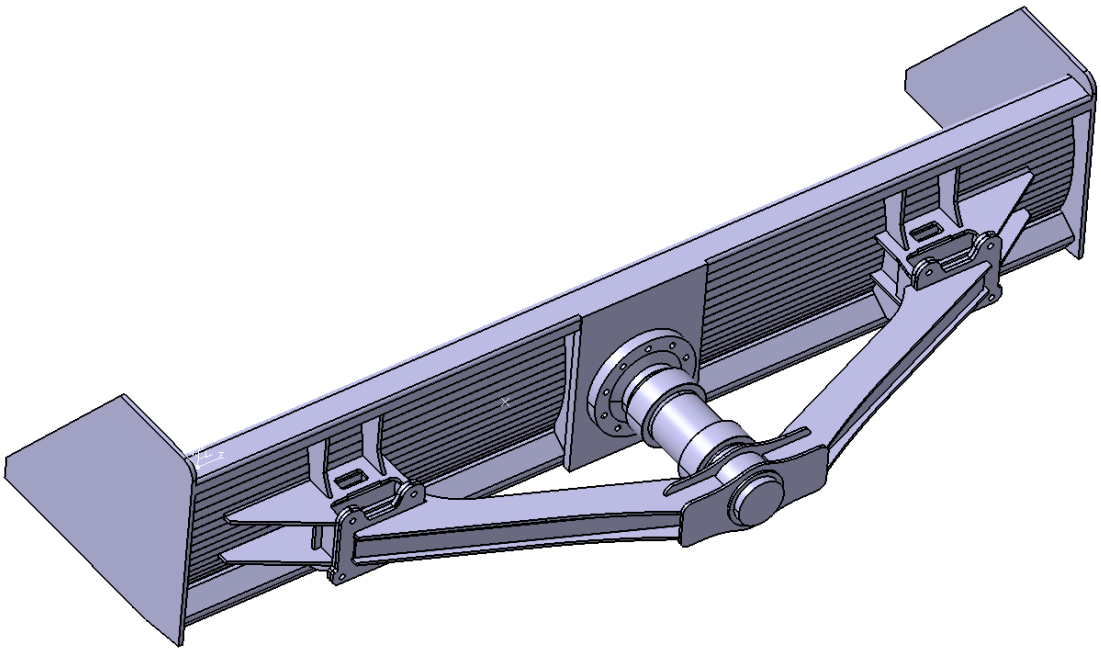
Şekil 4.23. Mil, burç ve rulmanlar

Kürek kol destek sistemi bağlantıları kürek üzerinde düzenlenir. Bu düzenlemede kürek eğim dengeleme hidrolik silindir bağlantıları da tasarıma dahil edilmelidir (Şekil 4.24).



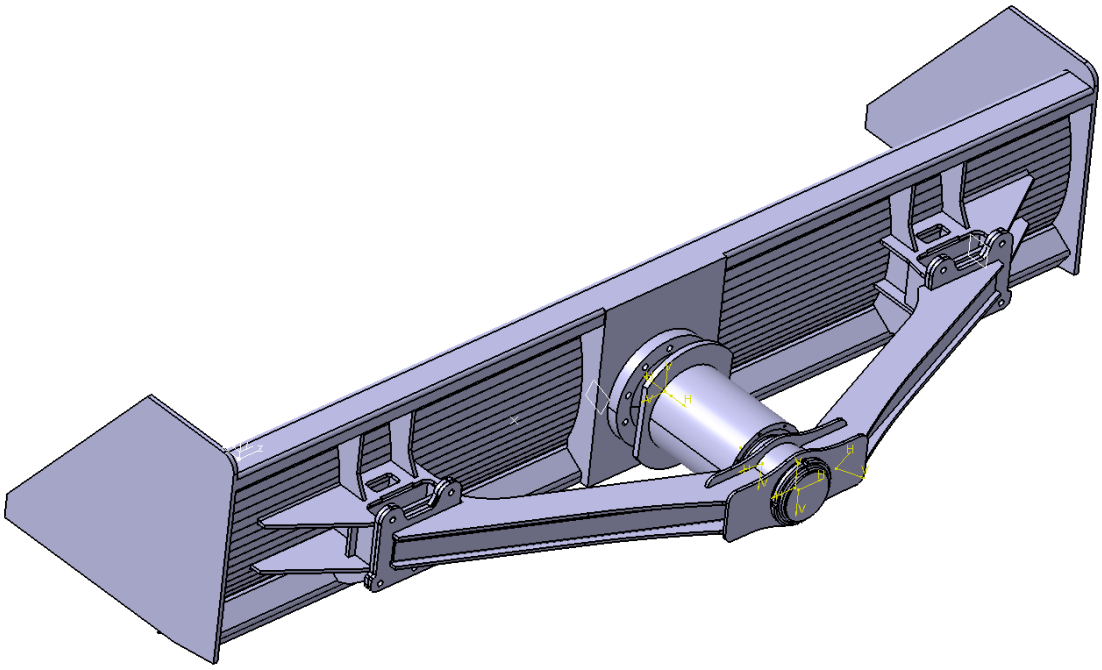
Şekil 4.24. Kürek destek kol bağlantıları tasarımı

Geliştirilen kürek tasarımı üzerine mil, rulmanlar ve kol destek parçaları monte edilir. Kol destekleri osilasyon hareketini gerçekleştirirken kolon ile temas etmeyecek boyutlarda tasarlanmıştır (Şekil 4.25).



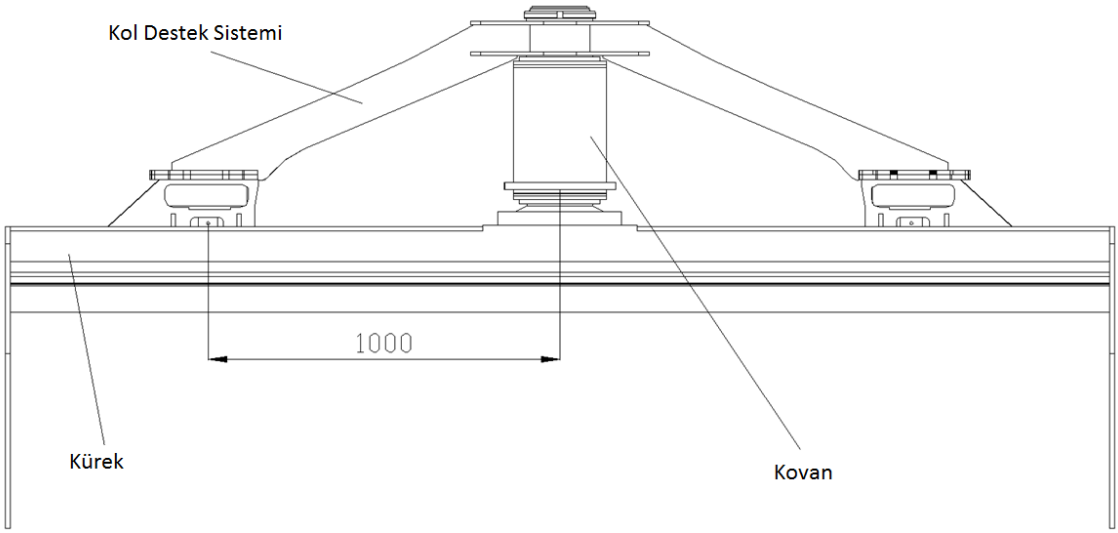
Şekil 4.25. Kürek kol destek sistemi ve rulmanların montajı

Rulmanların ana şasi ile birleşimi Şekil 4.26'da gösterilen bir kovan ile gerçekleştirilir. Kovan rulmanların dış çapları ile temas eder ve küreği ana şasi kolonuna bağlar. Bu montaj sisteminde kol destek bağlantı sistemi kürek üzerindedir ve hem civata hem de şekil bağlıdır. Ayrıca mil üzerinde civata kilidi ile montajlıdır.



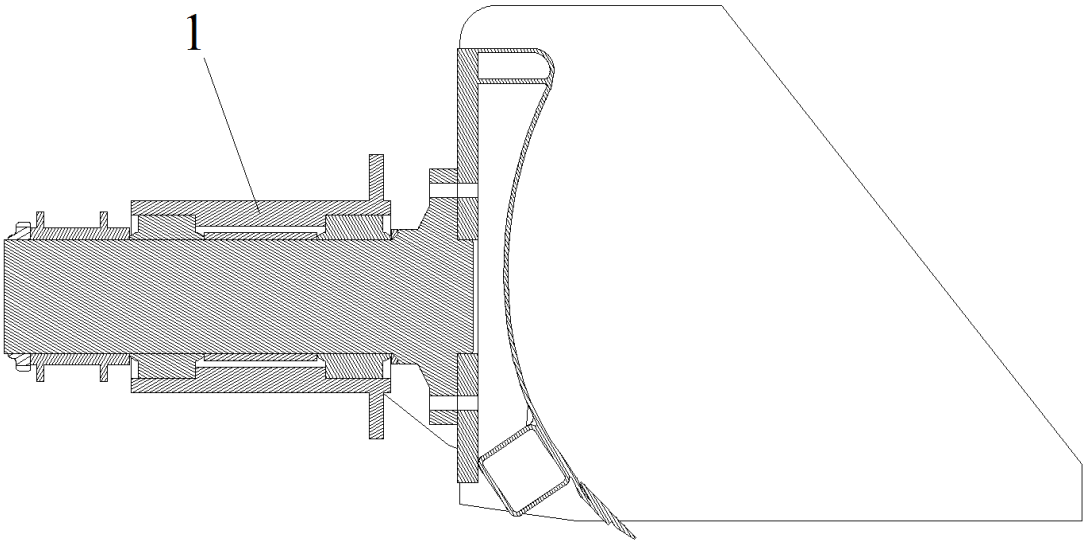
Şekil 4.26. Kürek mil bağlantısında kovan ve civata kilidi montajı

Bu tasarıma ait 2D' lu üst görünüş Şekil 4.27'de görülmektedir.



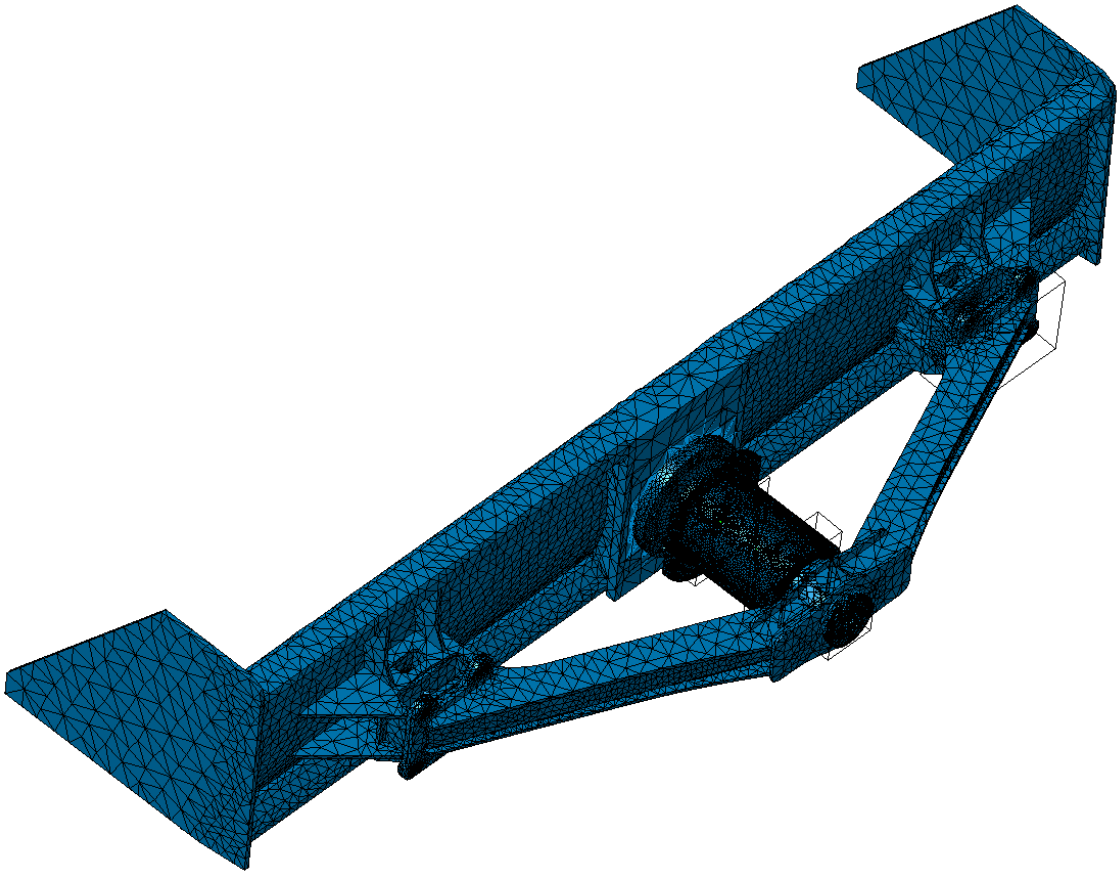
Şekil 4.27. Geliştirilmiş kürek bağlantı sistemi üst görünüşü

Şekil 4.27'ye ait kesit görünüş Şekil 4.28'de sunulmaktadır. 1 nolu parça olan kovan; iki radyal kayar mafsallı rulmanın dış bilezikleri ile temas eder.



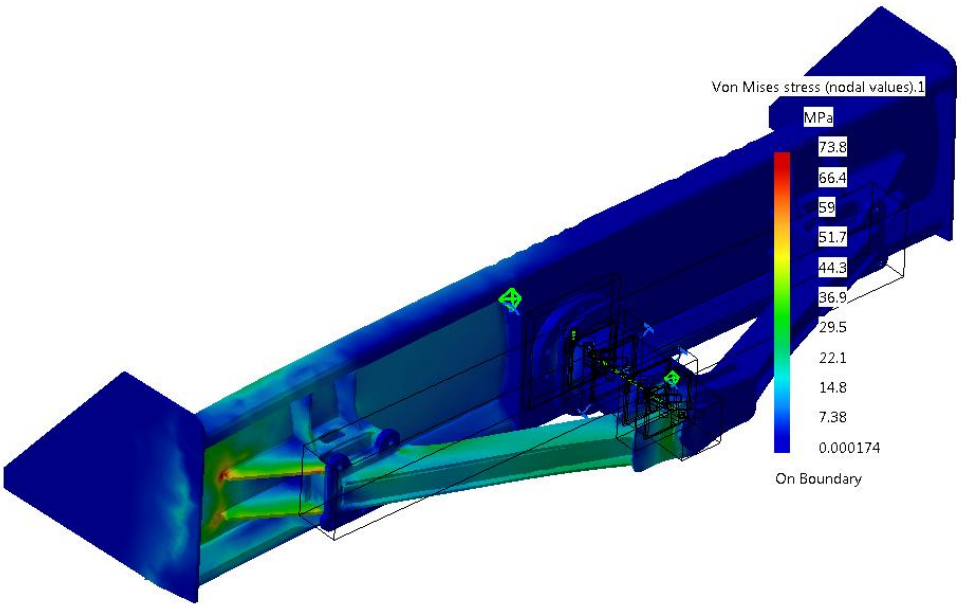
Şekil 4.28. Kürek mil bağlantısı kesit görünüşü

Yatak ömür hesabı ışığında seçilen rulmanların katı modelleri ve bu rulmanlara uygun mil katı modeli ile oluşturulan montaj sisteminin sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.29).



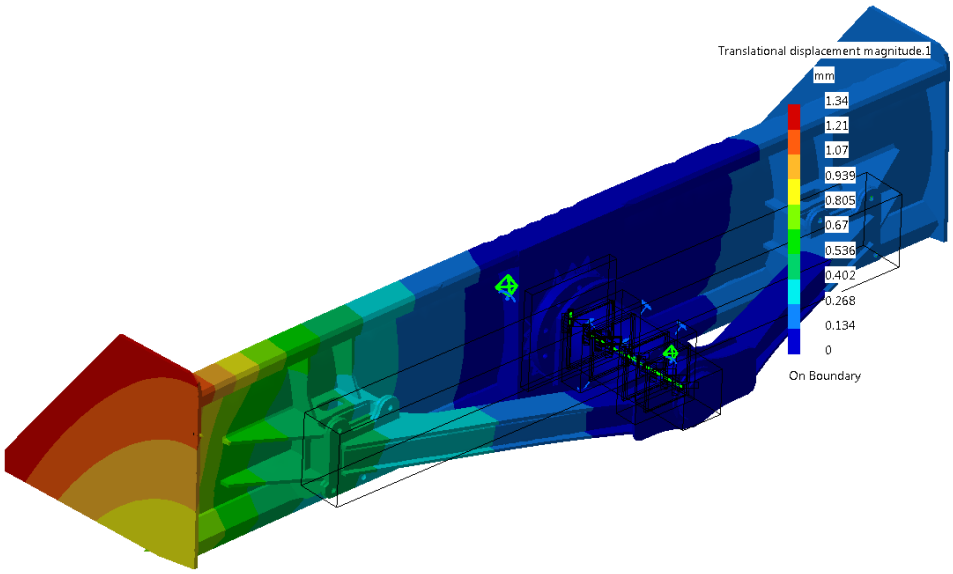
Şekil 4.29. Geliştirilen kürek montaj sistemi sonlu elemanlar modeli

Gerçekleştirilen tekrarlı gerilme analizleri ile maksimum zorlanma haline göre yapılan gerilme analizine ait sonuç Şekil 4.30'da sunulmaktadır. Gerilme analizleri ile elde edilen maksimum gerilme değeri 73.8 MPa' dır ve kürek malzemesinin akma dayanımından yaklaşık 3 kat küçüktür. Dahası, önceden hedeflendiği üzere maksimum gerilmenin konstrüksiyonun nispeten daha kolay onarılabilir bölgesinde olması sağlanmıştır.



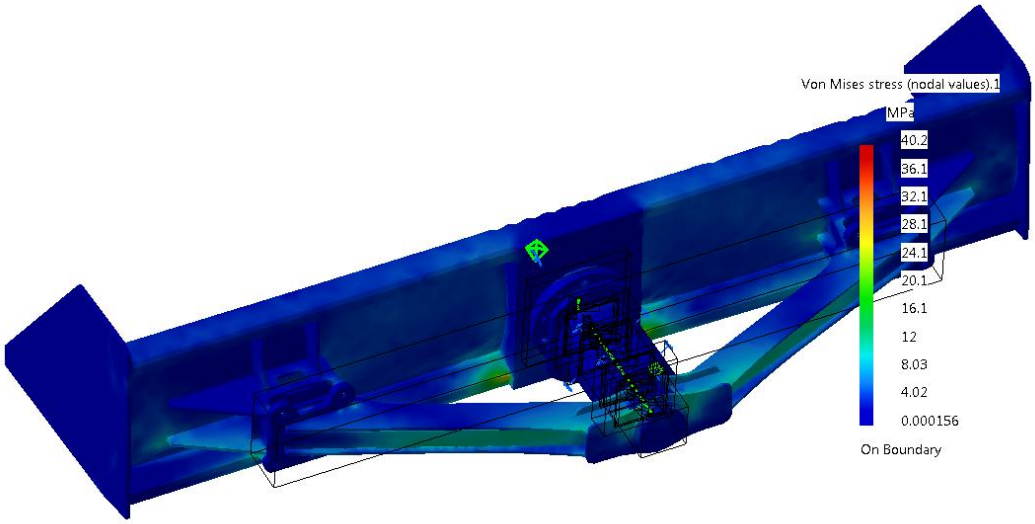
Şekil 4.30. Kürek montaj sisteminin maksimum zorlanma durumu gerilme analizi

Bu maksimum zorlanma durumuna ait maksimum yer değiştirme miktarı ise 1.34 mm dir (Şekil 4.31).



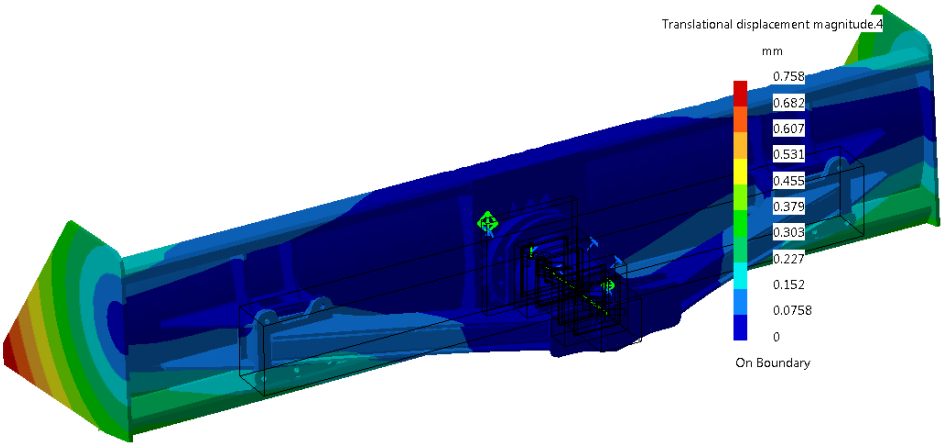
Şekil 4.31. Kürek montaj sisteminde maksimum zorlanma durumunda maksimum yer değiştirme.

Genel zorlanma haline ait kürek montaj gerilme analizi maksimum gerilme değeri 40.2 MPa' dır ve kürek malzemesinin akma dayanımının yaklaşık 1/6'sı kadardır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Kürek montaj sistemi genel zorlanma durumu gerilme analizi

Genel zorlanma haline ait yer değiştirme miktarı ise 0.758 mm' dir (Şekil 4.33).

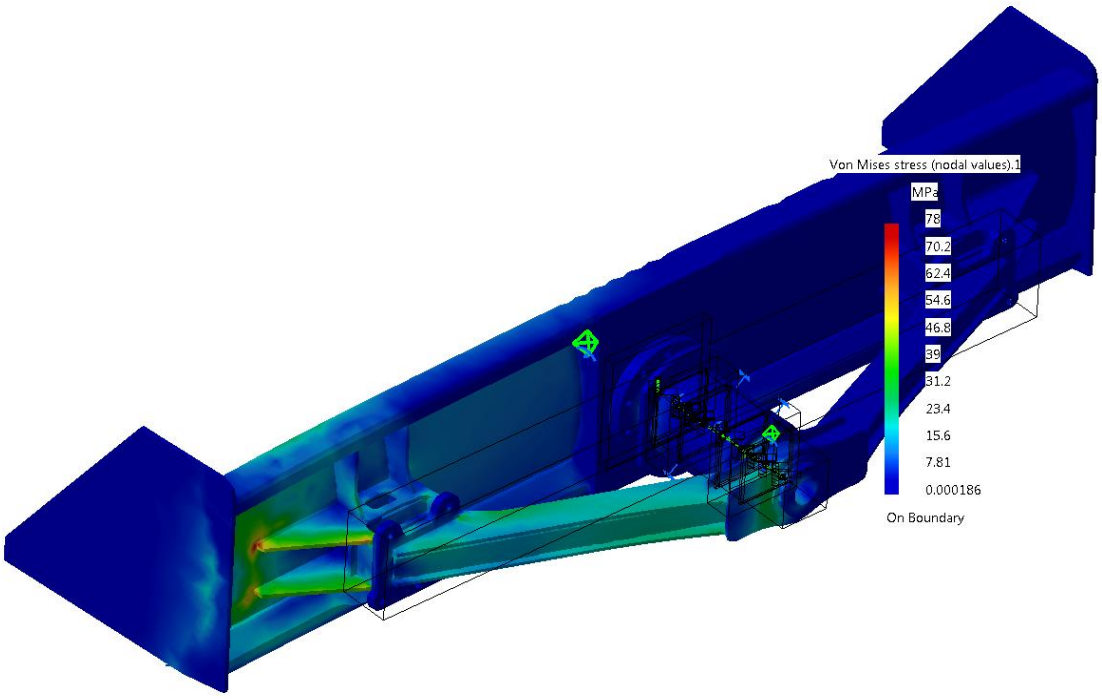


Şekil 4.33. Kürek montaj sisteminde genel zorlanma durumunda maksimum yer değiştirme.

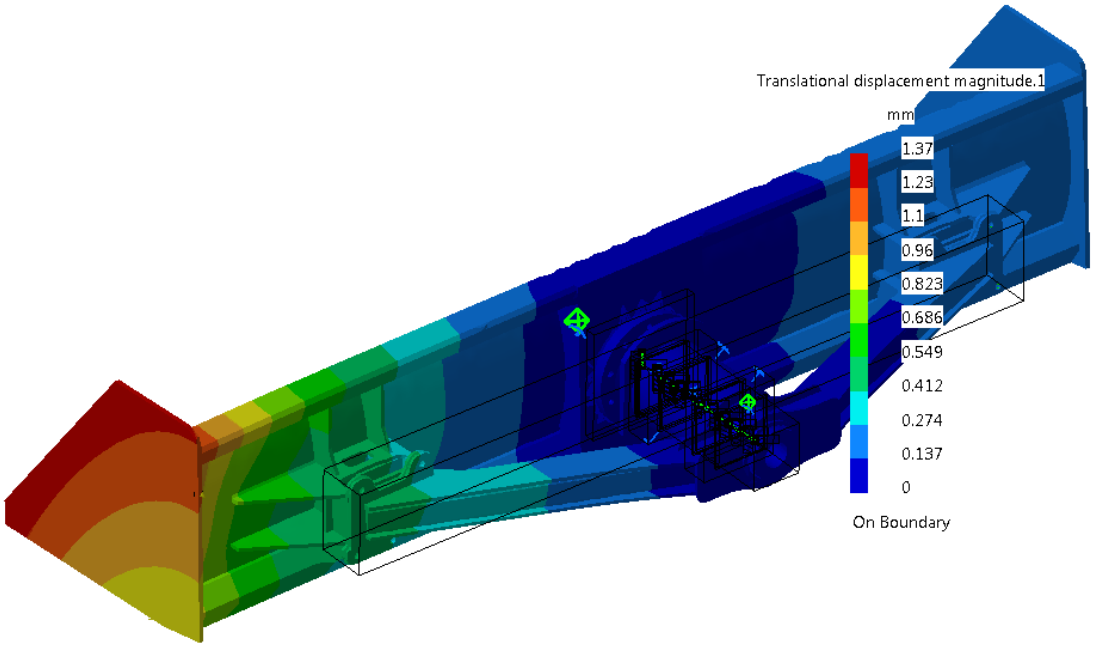
Görüldüğü gibi hem maksimum zorlanma hali için hem de genel zorlanma hali için yer değiştirme değerleri oldukça düşüktür. Maksimum yer değiştirme değerlerinin kürek yan plakası üzerinde olması ise doğru ve beklenen bir durumdur. 160 mm çapında mil ile gerçekleştirilen kürek montaj sisteminin maksimum zorlanma durumunda gerçekleştirilen gerilme analizinde maksimum gerilme 73.8 MPa' dır. Bu maksimum gerilme değeri mil sistemi üzerinde değil kürek üzerindedir. Böylece sistemin ağırlığını azaltmak amacıyla, başlangıçta dolu kesit olarak tasarlanan mil, boru kesitli ve iç çapa sahip olarak ta tasarlanabilir. Burada sınır iç çap değeri, montaj gerilme analizi ile elde edilecek maksimum gerilmenin yerinin yine kürek üzerinde olması ve 3 kat emniyet değerini sağlaması düşüncesiyle belirlenmiştir. Bu amaçla ilk olarak 140 mm.lik iç çap ölçüsüne göre ve maksimum zorlanma hali için montaj gerilme analizi gerçekleştirilmiş ve yukarıda belirlenen sınır değerler sağlanana kadar iç çap 10'ar mm. aralıklarla azaltılmıştır. Bu analizler ait karşılaştırmalı değerler Tablo 4.1'de sunulmaktadır. Görüldüğü gibi 160 mm. dış çapa sahip olan milde, 80 mm iç çap olması halinde elde edilen gerilme değerleri başlangıçta belirlenen tasarım kriterlerini sağlamaktadır. Bu analize ait maksimum gerilme ve maksimum yer değiştirme değerleri Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'te sunulmaktadır. Görüldüğü gibi 160/80 mil ölçülerinde maksimum zorlanma hali için gerçekleştirilen montaj gerilme analizi ile maksimum gerilme değeri 78.0 MPa olarak elde edilmiştir. 80 mm iç çap değeri için kürek montaj sisteminde maksimum yer değiştirme miktarı ise yalnızca 1.37 mm' dir.

Tablo 4.1. 160 mm dış çap ve değişik iç çaplara sahip millerin gerilme değerleri

Dış Çap / İç Çap (mm)	Mil Ağırlık (kg)	Maksimum. Yükleme Maksimum Gerilme (MPa)	Maksimum zorlanma Maksimum Yer Değiştirme (mm)	Genel Yükleme Maksimum Gerilme (MPa)	Genel zorlanma Maksimum Yer değiştirme (mm)	Düğüm Noktası Sayısı	Eleman Sayısı
160/140	52.69	119.00	1.49	67.20	0.81	165775	706122
160/120	73.62	96.40	1.43	55.00	0.79	163285	704876
160/100	91.33	84.80	1.39	48.80	0.78	161345	703550
160/80	105.82	78.00	1.37	45.30	0.77	160793	702688

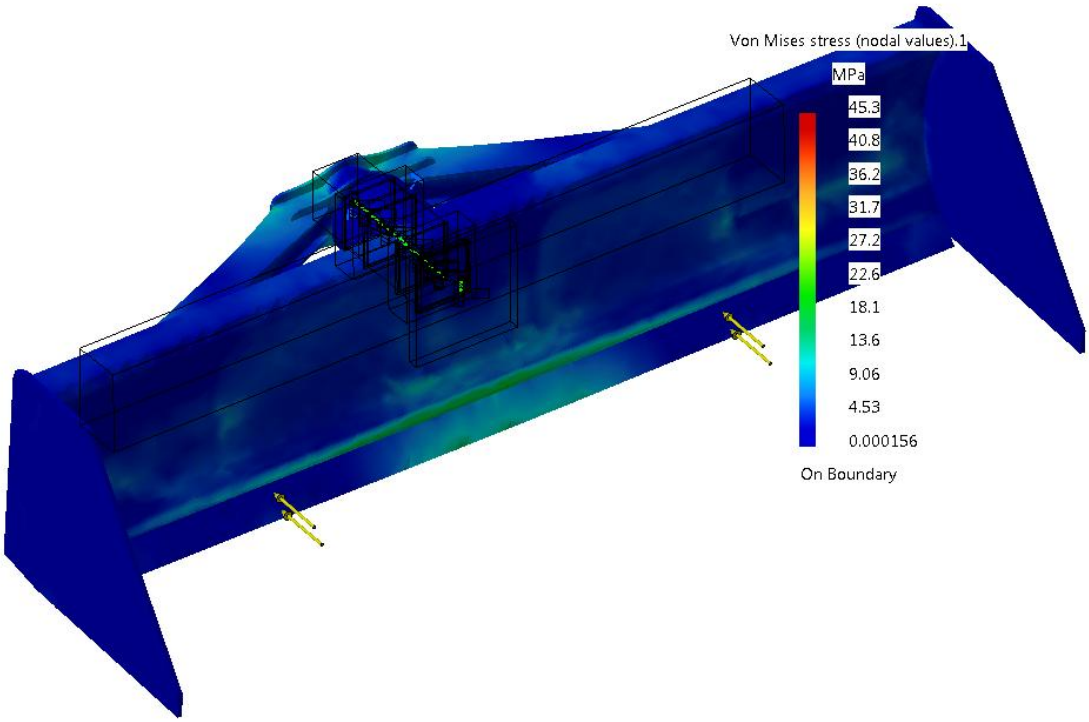


Şekil 4.34. 160/80 Kürek montaj sistemi maksimum zorlanma durumu gerilme analizi

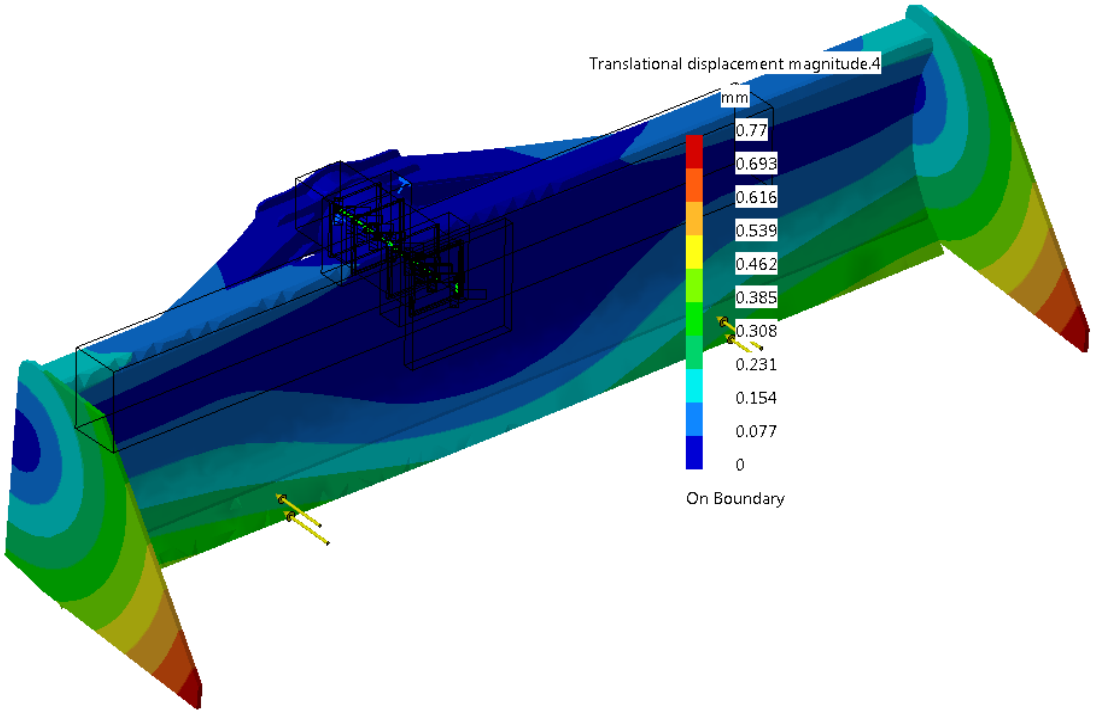


Şekil 4.35. 160/80 Kürek montaj sisteminde genel zorlanma durumunda maksimum yer değiştirme

Maksimum zorlanma şartlarında 78 MPa maksimum gerilme değerinin elde edildiği 160/80 mil boyutlarındaki kürek sistemi tasarımında genel zorlanma hali için ortaya çıkan maksimum gerilme 45.3 MPa olup Şekil 4.36'da gösterilmektedir. Aynı mil ölçüleri için genel zorlanma halindeki maksimum yer değiştirme miktarı 0.77 mm' dir (Şekil 4.37).



Şekil 4.36. 160/80 Kürek montaj sistemi genel zorlanma durumu gerilme analizi



Şekil 4.37. 160/80 Kürek montaj sistemi genel zorlanma durumu yer değiştirme miktarı

Geliştirilmiş zemin tesviye küreğine ait analiz değerleri ayrıntılı olarak Tablo 4.2'de sunulmaktadır. Tablo 4.2 incelendiğinde geliştirilen kürek sistemi tasarımı ile maksimum zorlanma hali için kürek sisteminin maruz kaldığı maksimum gerilmenin %78, maksimum yer değiştirme ise %90 oranında azaltılmıştır.

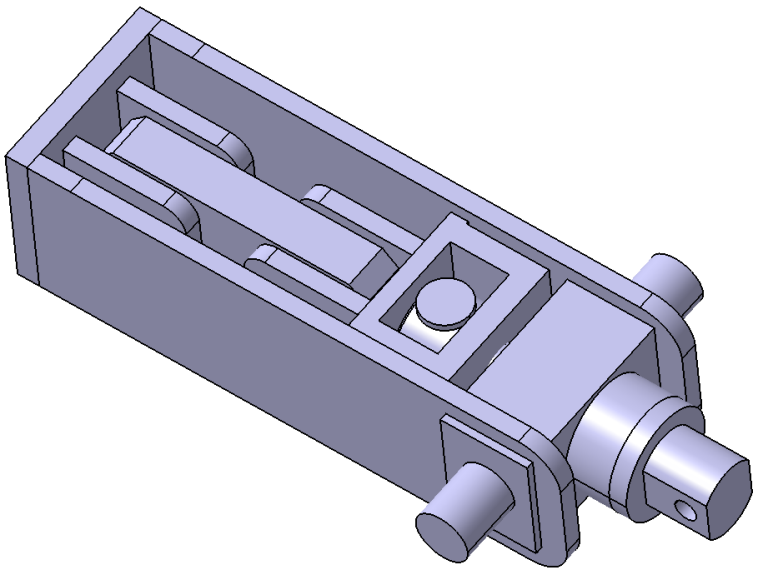
Tablo 4.2. Geliştirilen kürek sistemi tasarımının mevcut kürek sistemi ile karşılaştırılması

Maksimum ve Genel Zorlanma Durumları	**Mevcut Kürek Sistemi**	**Geliştirilmiş Kürek sistemi**	**Mevcut Sisteme% Oran**
Maksimum zorlanma Durumu	373 MPa	78 MPa	%79
Maksimum Yer Değiştirme	14.4 mm	1.37 mm	%90
Genel Yükleme	124 Mpa	45.3 Mpa	%64
Genel Yer Değiştirme	3.3 mm	0.78 mm	%76

Böylece geliştirilen kürek sistem tasarımı ile elde edilen maksimum gerilme değeri küreğin mevcut ilk haline oranla %79 daha düşüktür. Maksimum gerilme tasarımda belirlenen konumdadır. Kürek üzerinde meydana gelen yer değiştirmeler 90% oranında azaltılmıştır ve konstrüksiyon için riski en az olan bölgededir. Orijinalinde yatay eksene göre sabit duran bıçak yeni dizayn ile $+-11^0$ osilasyon hareketi yapabilecek şekilde tasarlanmış ve sert zeminlerde çalışabilir durumdadır.

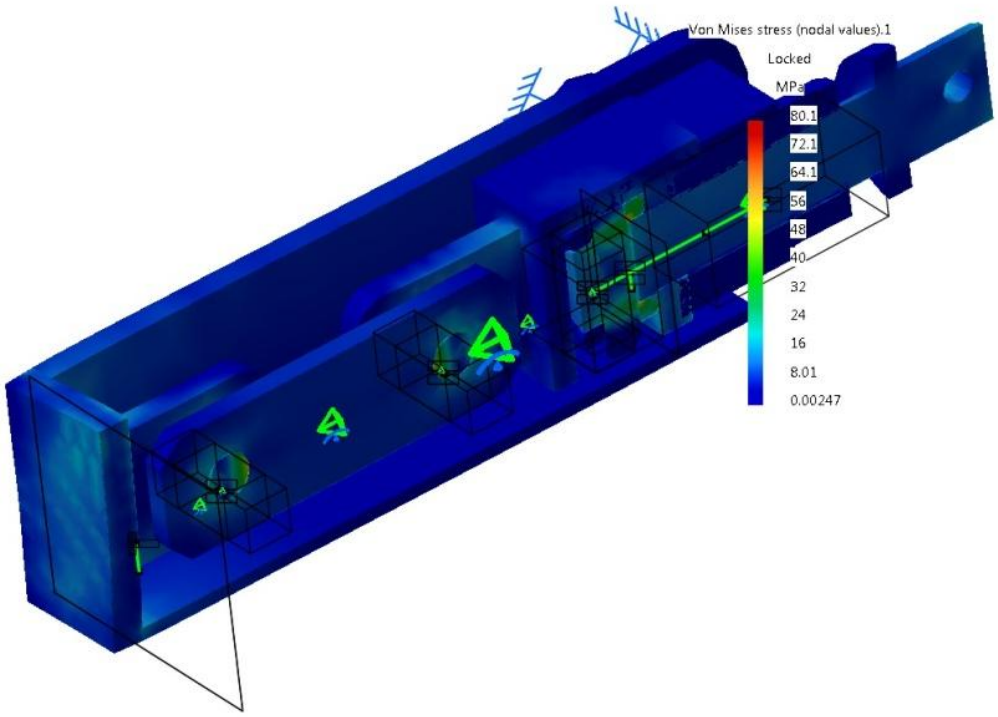
4.5. Çeki Sistemi Tasarım Geliştirme Çalışmaları

Yük hücreleri yapıları gereği darbe ve burkulmaya maruz bırakılmamalıdır. Zemin tesviye işleminde zemin yapısının düzensizliği nedeniyle yük hücresi bağlantı sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu sistemde çeki kuvvetinin uygulandığı mil ileri (çeki yönünde) hareket edebildiği gibi $-/+ 15^0$ dönme hareketi gerçekleştirebilmektedir. bu mil pim bağlantı sistemi ile ile yük hücresine bağlıdır. Yük hücresinin diğer bağlantı bölümü ise yük hücresi koruma hacminin civata bağlantılı kapağına bağlıdır.Bu yük hücresi çeki sistemi çeki profiline ise iki adet pim ile montedir. Bu sayede zemin tesviye makinesi üzerine etkiyen çeki kuvveti büyüklüğü her an ölçülür (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Yük hücresi çeki bağlantı sistemi montajı

Tasarım tekrarlı montaj gerilme analizleri ile incelenmiştir. Yük hücresi montaj sistemi maksimum gerilme değeri 80.1 MPa olarak elde edilmiştir (Şekil 4.39).

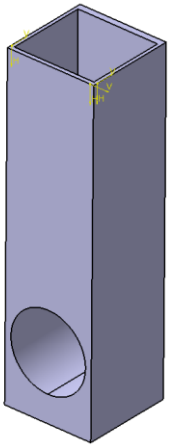


Şekil 4.39. Yük hücresi bağlantı sistemi montaj gerilme analizi sol yan kesit görünüşü

Yük hücresi-çeki bağlantı sisteminde Şekil 4.39'de görülen pim bağlantılarının değiştirilmesi kürekte meydana gelebilecek olası bir hasarının onarımına göre daha kolaydır. Bu nedenle yük hücresi bağlantı sistemi konstrüksiyonunun gerilme değeri, kürek maksimum gerilme değeri olan 78 MPa dan bir miktar daha büyük olacak şekilde (80.1 MPa) düzenlenmiştir.

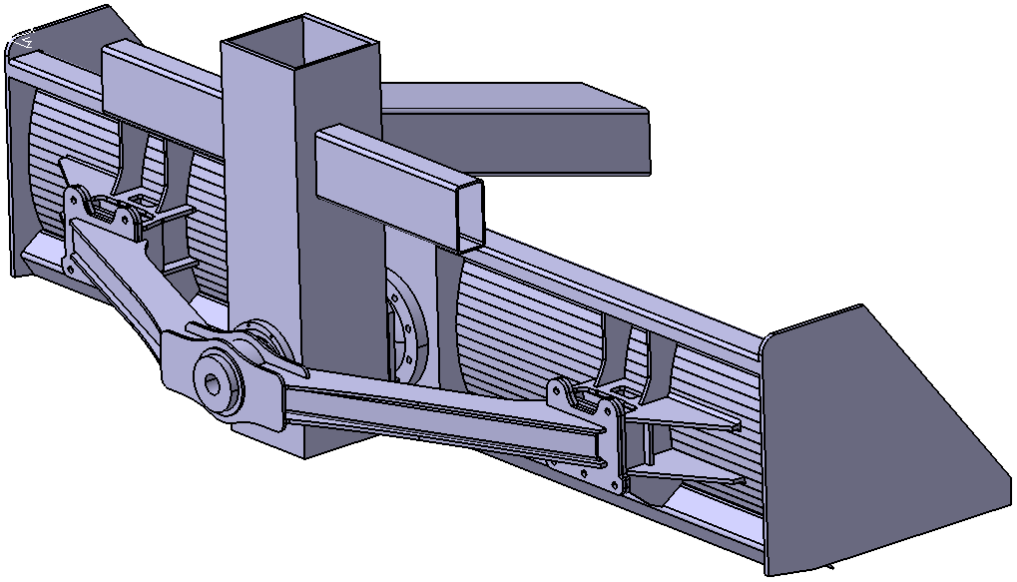
4.6. Ana Şasi Tasarım Geliştirme Çalışmaları

Bölüm 4.4.2 de geometrik ölçüleri belirlenen kolonda, kovan dış çapına uygun bir delik oluşturulmuştur. Kolon yüksekliği 1150 mm' olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi kürek bağlantı kolonu

Kolon, kürek eğim dengeleme sistemi hidrolik silindirlerinin taşıyıcı kollarının ve çeki profilinin kaynaklı bağlantısı ile geliştirilen iş makinesinin ana şasisini oluşturur. Şekil 4.41' de kolon üzerinde eğim dengeleme hidrolik silindirleri bağlantı profilleri ile çeki profili tanımlanmış ve kürek sistemi ile montajı gerçekleştirilmiştir.

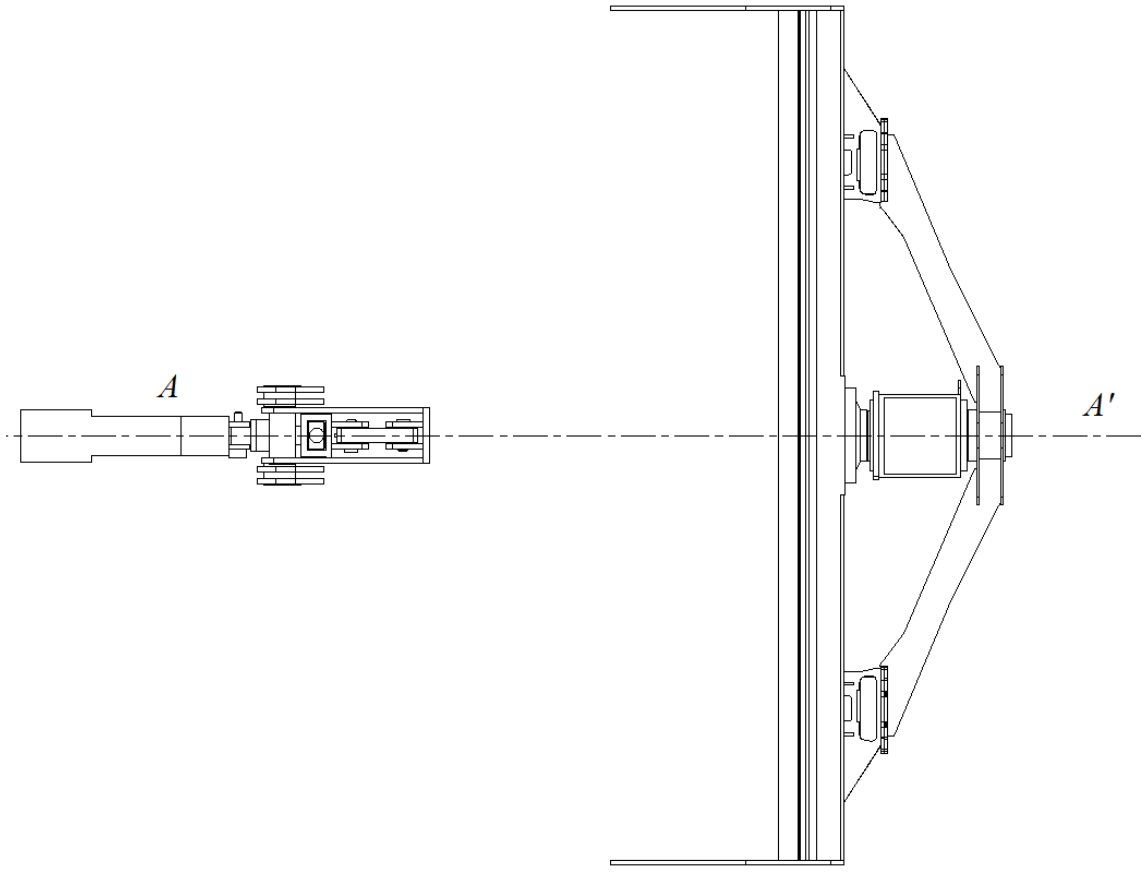


Şekil 4.41. Kolon kürek sistemi montajı ve çeki profili bağlantısı

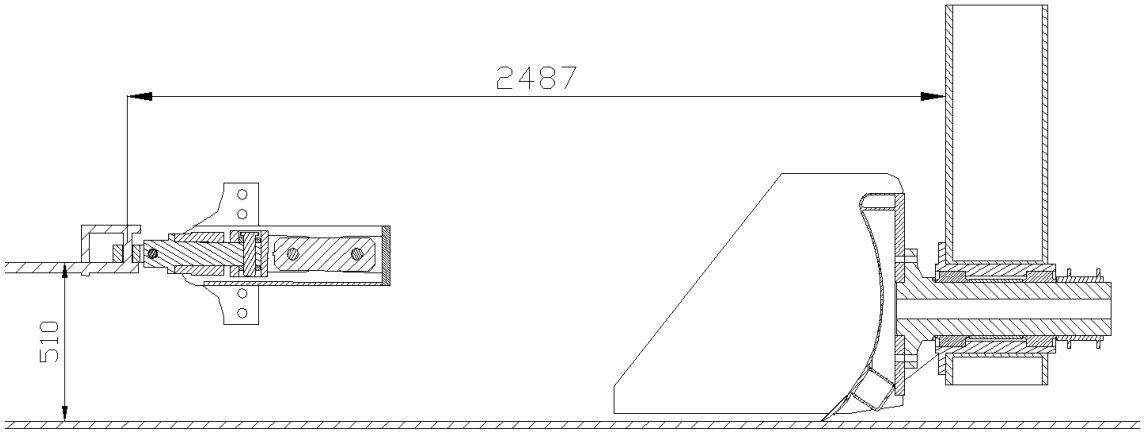
4.6.1. Zemin Tesviye Makinesi Çeki Profili Tasarımı

Zemin tesviye makinesi çeki profilinin kolona kaynak ile montesi tasarlanmıştır ve bu profil ana şasinin en büyük bölümünü oluşturur. Bu profilin aynı zamanda sistemin yağ tankı olarak kullanılması da düşünülmüştür. Çeki profili, yük hücresinin bağlı olduğu sistemle pim bağlantılıdır. Çeki profili, üzerinde, selenoid valf gibi hidrolik sistem elemanlarını ve elektrik sistemi de bulundurur.

Çeki profili dayanım değerleri makinenin tüm sistem parçalarından yüksek olmalıdır. Zemin tesviye işleminde taşınacak zemin malzemesi miktarı ön görüsü ile çekici bağlantı pimi ve kolon arası mesafe 2487 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.42 ve Şekil 4.43).

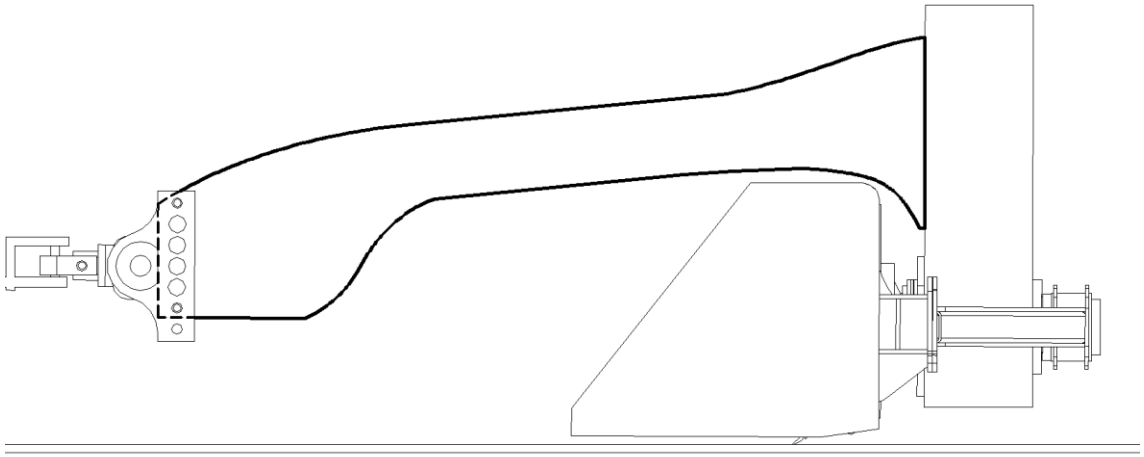


Şekil 4.42. Geliştirilen zemin tesviye makinesi üst görünüşü



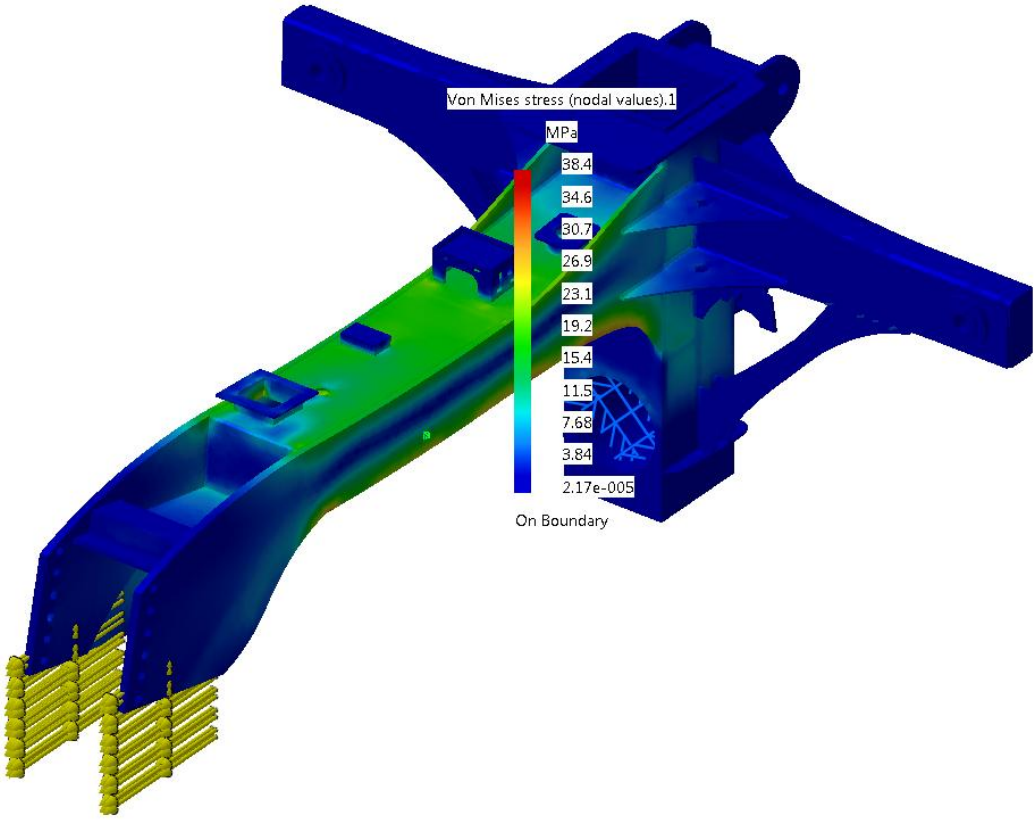
Şekil 4.43. Geliştirilen zemin tesviye makinesi kesit görünüşü

Çeki pimi ile kolon arasında belirlenen mesafe için çeki profili plaka eğrisinin olması gereklidir. Eğri ile sınırları oluşturulan plaka, 300 mm x 200 mm boyutlarındaki standart dikdörtgen profilin iki yanına kaynaklanacak ve eğim hareketi sırasında küreğe çarpmayacak şekilde tasarlanmıştır.



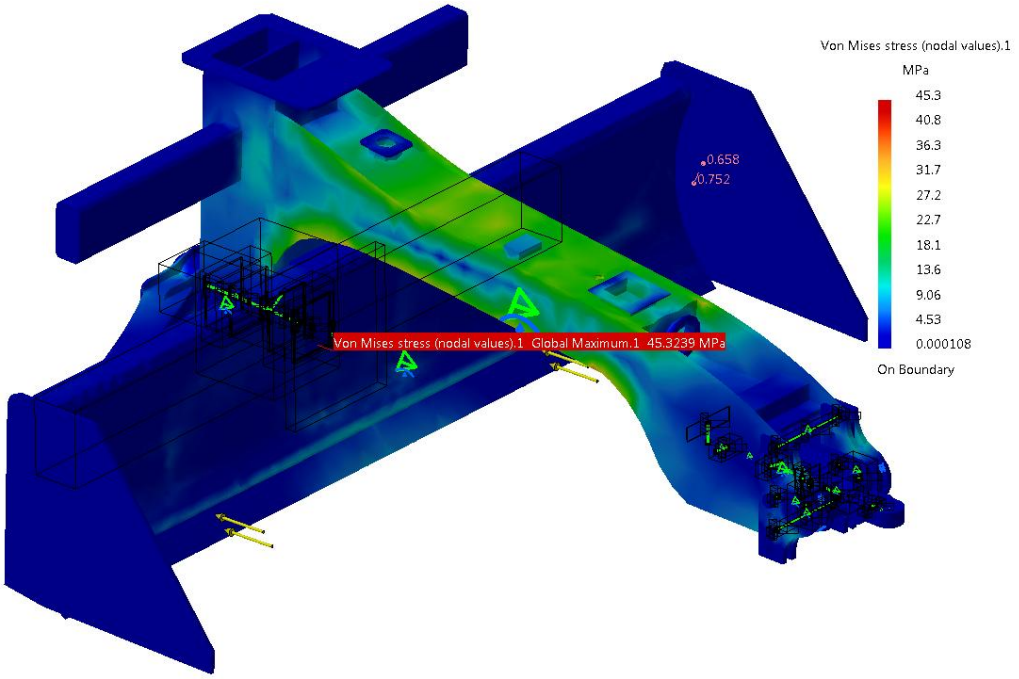
Şekil 4.44. Çeki profili plaka eğrisi

Çeki profilinden istenilen dayanım değeri, bu plakaların formu ve et kalınlığına bağlıdır. Çeki profilinden beklenen dayanım emniyet katsayısı 6 olmalıdır. 40 kN çeki kuvveti için mevcut tasarımda elde edilen gerilme değeri 38.4 MPa olup, uygun olduğu görülmektedir. Ek olarak kolon iç düzenlemesi bu gerilme analizi verileri ışığında düzenlenmiştir.

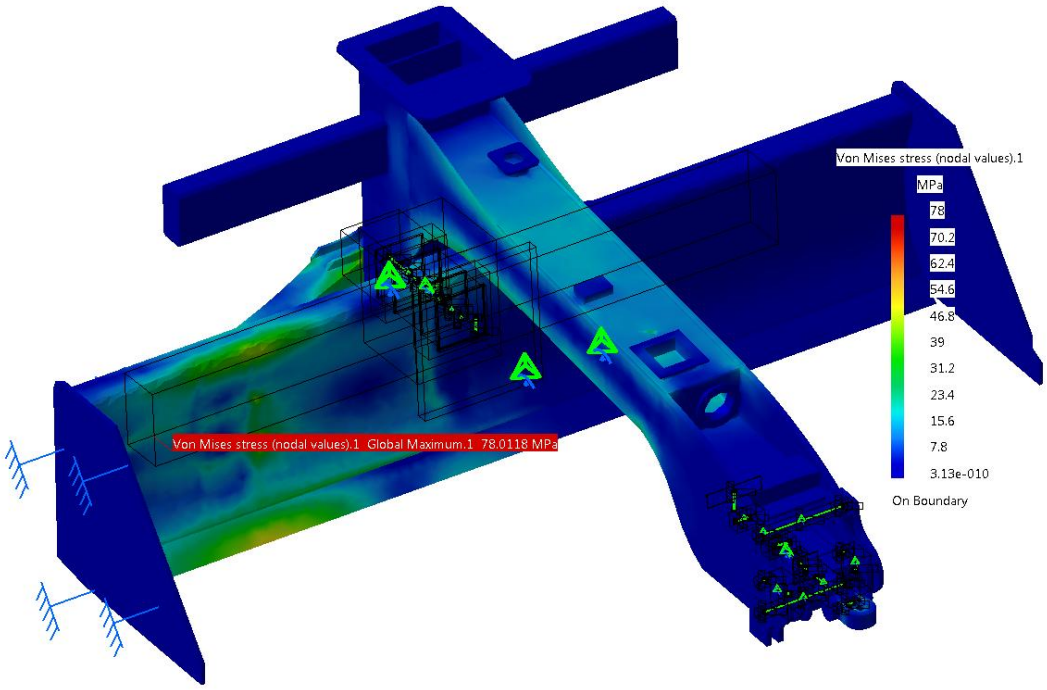


Şekil 4.45. Çeki profili gerilme analizi

Çeki profili montaj sistemine dahil edilerek maksimum zorlanma ve genel çalışma hali için gerilme analizleri tekrarlanmıştır. Şekil 4.46 ve Şekil 4.47' de montaj sistemi üzerinde gerçekleştirilen gerilme analizlerinde maksimum gerilme değerinin kürek sistemi üzerinde ve kürek sistemi için elde edilen maksimum gerilme değerleri olduğu görülmektedir.

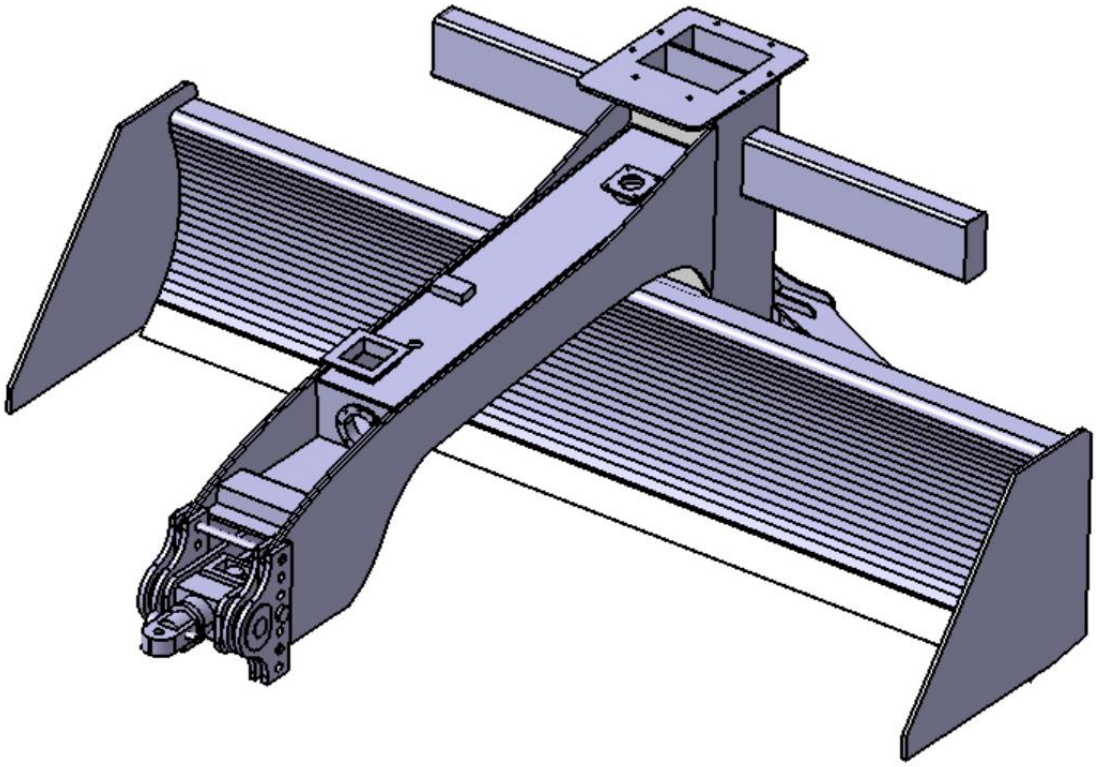


Şekil 4.46. Geliştirilen iş makinesi çeki ve kürek sistemi genel çalışma gerilme analizi



Şekil 4.47. Geliştirilen iş makinesi çeki ve kürek sistemi maksimum zorlanma gerilme analizi

Şekil 4.48'de gerilme analizleri ile boyutlandırılan çeki profilinin nihai tasarımı montaj sisteminde görülmektedir. Bu katı modellemede çeki profili üzerinde hidrolik eleman bağlantı bölümleri de tanımlanmıştır.

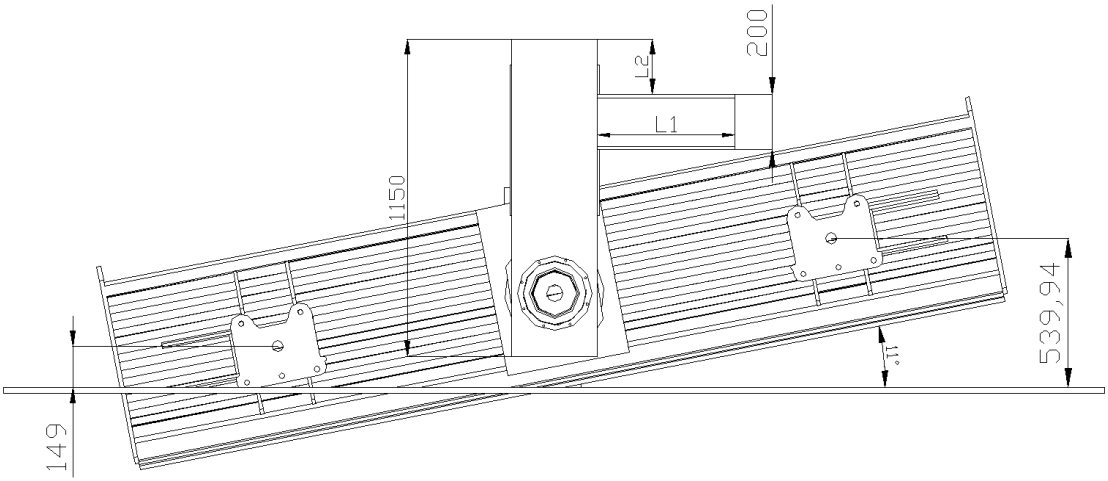


Şekil 4.48. Çeki profili katı modeli ve montajı

4.7. Eğim Dengeleme Hidrolik Silindirleri ve Kol Bağlantıları Tasarımı

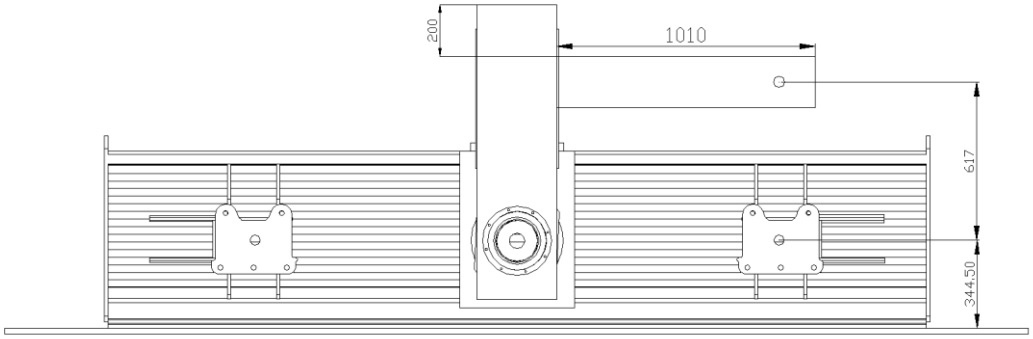
Küreğin herhangi bir yöne 11 derece eğimli olması durumunda, zemin ile kürek hidrolik silindir bağlantısı arasındaki mesafe yaklaşık olarak 540 mm olacaktır. Eğim dengeleme hidrolik silindirlerinin iş strok değeri; -11^{o} eğim değerinde $344.50 - 149 = 195.50$ mm ve +11^{o} eğim değerinde $540 - 344.50 = 195.50$ mm' dir. Maksimum iş strok değeri böylece $195.50 \text{ x } 2 = 391$ mm olarak elde edilir. 1150 mm yükseliğindeki

kolonda eğim dengeleme hidrolik silindir bağlantı kolu tasarım ölçüleri L_1 ve L_2 Şekil 4.49' da görülmektedir.



Şekil 4.49. Küreğin kolon ile -11^o açılı olması durumunda hidrolik silindir bağlantı noktaları yükseklikleri

Küreğin kolon ile 90^0 açı yapması durumunda zemin ile kürek hidrolik silindir bağlantı noktası arasındaki mesafe 344.50 mm 'dir. Hidrolik silindir strok değerinin 391 mm olması durumu dikkate alınarak $L_1 = 1010$ mm ve. $L_2 = 200$ mm değeri için hidrolik silindir seçimi yapılır (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. Küreğin kolon ile 90^0 eğimli olması durumunda hidrolik silindi bağlantı noktaları yükseklikleri

4.7.1. Eğim Dengeleme Hidrolik Silindirleri Seçimi

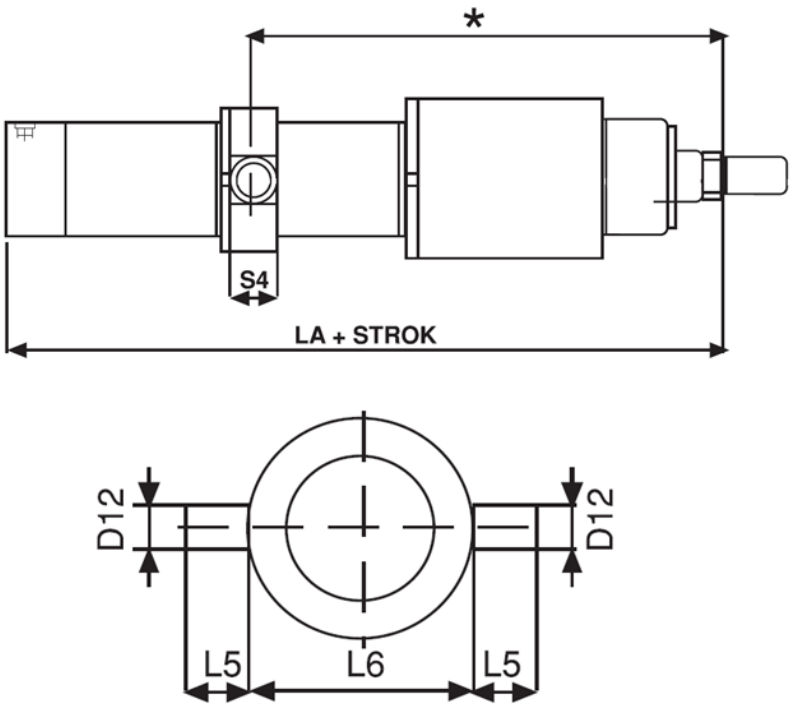
Hidrolik silindirlerin hesabında maksimum strok değerine hidrolik silindir bağlantı uzunluklarının da eklenmesi gerekir. Sistem tasarımında Tablo 4.3'te teknik detayları verilen 80 mm çaplı hidrolik silindir tercih edilmiştir. Bu hidrolik silindir orta eklem ve küresel ön bağlantılı kompakt hidrolik silindir sınıfındadır.

Tablo 4.3. Kompakt hidrolik silindir teknik özellikleri

Çalışma Basıncı (Bar)	160
Standart Stroklar (mm)	50, 100, 160, 200, 300, 400, 500
Akışkan Türü	Mineral Yağlar
Piston Mili	Ck 45 Krom Kaplı
Maksimum Piston Hızı (m/s)	0.5
Çalışma Sıcaklığı (^{o}C)	-20 / +80
Silindir Borusu	St 52 BK + Honlanmış

Seçilen hidrolik silindir için Şekil. 4.51' de gösterilen (tasarım kodlarına ait değerler Tablo 4.5 ve Tablo 4.6 ' da mevcuttur) D12 değeri 40 mm' dir (Tablo 4.4) ve LA değeri de 221 mm' dir (Tablo 4.5). Hidrolik silindirler minumum yarı açık yarı strok değerinde (195.50 mm) montaj edilmelidir. Ancak seçilen hidrolik silindirin stroğu, hidrolik silindir piminin silindir içerisinde sona dayanmasının engellenmesi ve ön eklem bağlantı bölgesinde temas olmaması nedeni ile 391 mm değil 700 mm seçilmiştir.

Hidrolik silindir montajı için orta eklem bağlantısının konumunun belirlenmesi gereklidir. Bu konum hidrolik silindir için Şekil 4.51' de " * " simgesi ile tanımlanmıştır. Şekil 4.50 de görüldüğü üzere * + 195.50 < 617 mm olmalıdır. Bu nedenle " * "değeri 250 mm olarak belirlenmiştir.



* Bu ölçü müşteri isteğine ve stroğa bağlı olarak değişir.

Şekil 4.51. Ön eklem bağlantılı hidrolik silindir ölçü kodları

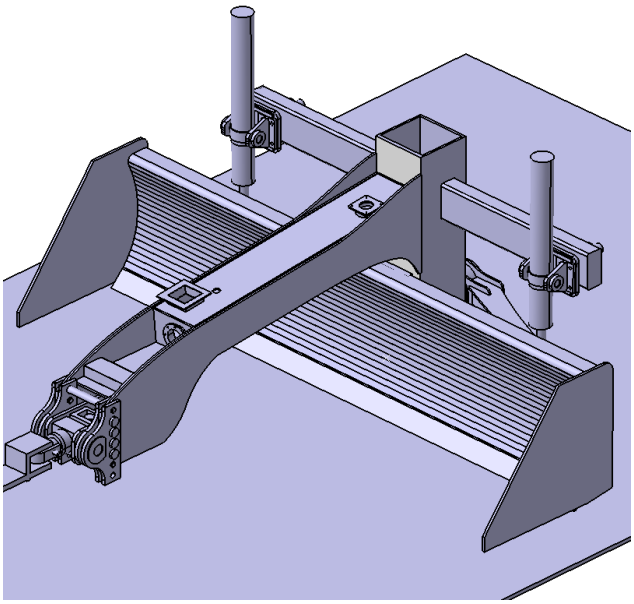
Tablo 4.4. Farklı hidrolik silindir çapları için boyut ölçüleri

MAG	ØD0	D1	ØD2	D3	ØD4	ØD5	ØD6	ØD7	ØD8	ØD9	ØD10	ØD11	ØD12	ØD13	ØD14	D15	L1	L2	L3	L4	L5
KHS-40	22	M16X1,5	50	M52x1,5	50	67	R3/8"	25	106	125	9	20	20	11	20	M16x1,5	22	13	19	3	16
	28		60	M62x1,5																	
KHS-50	28	M20X1,5	60	M62x1,5	60	78	R1/2"	30	126	150	11	25	25	13	25	M20x1,5	28	14	24	4	20
	36		70	M74x2																	
KHS-63	36	M27x2	70	M74x2	75	93	R3/4"	38	145	175	14	32	32	13	30	M27x2	36	16	29	4	25
	45		85	M90x2																	
KHS-80	45	M33x2	85	M90x2	95	113	R3/4"	47	165	200	18	40	40	17	40	M33x2	45	18	36	4	32
	56		102	M106x2																	
KHS-100	56	M42x2	106	M112x2	115	138	R1"	58	200	240	22	50	50	21	50	M42x2	56	20	37	5	40
	70		120	M125x3																	
KHS-125	70	M48x2	132	M136x3	145	173	R1"	70	235	280	22	63	63	25	60	M48x2	63	23	37	5	50
	90		160	M165x3																	
KHS-160	90	M64x3	160	M165x3	180	218	R11/4"	90	280	330	22	80	80	30	80	M64x3	85	25	41	5	63
	110		190	M200x3																	
KHS-200	110	M80x3	200	M210x3	230	265	R11/4"	110	340	390	26	100	100	33	100	M80x3	95	30	45	5	80
	140		220	M230x3																	

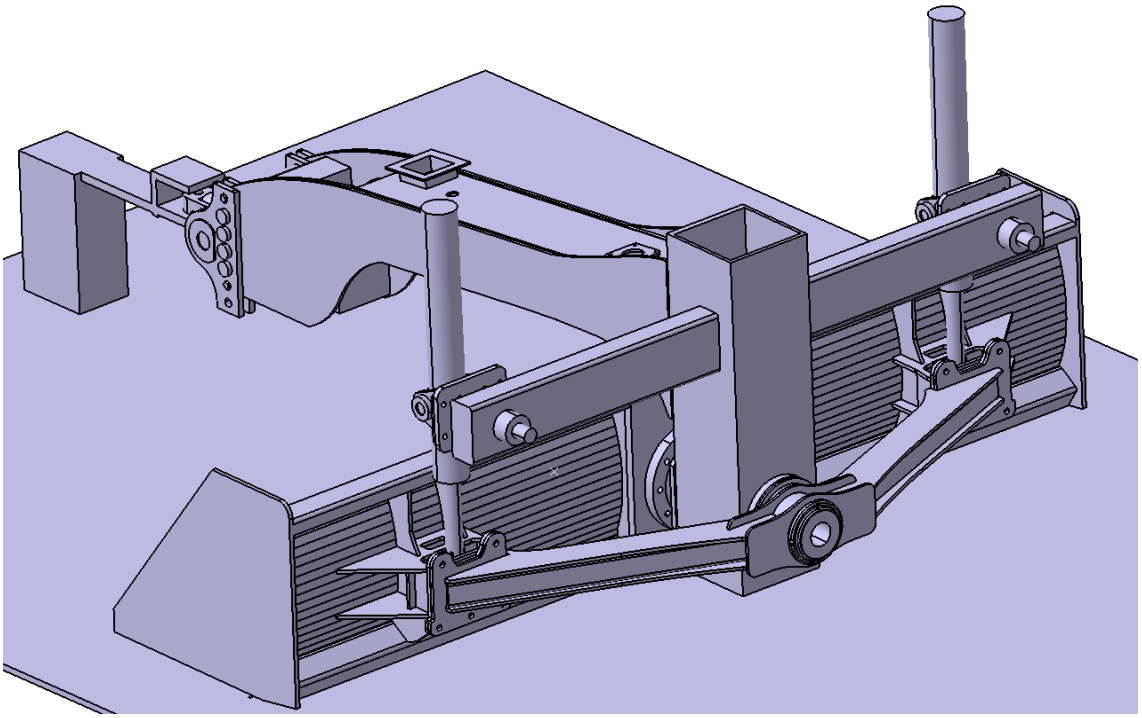
Tablo 4.5. Farklı hidrolik silindir çapları için boyut ölçüleri

MAE	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	LA	LB	LC	LD	H	h1	S	S1	S2	S3	S4	R	R1	SW
KHS-40	90	25	25,5	12,5	105	130	52	16	165	181	190	217	39	24	20	20	16	25	30	20	25	17 22
KHS-50	105	32	29	15	125	155	65	18	183	203	215	248	45	28	25	25	20	30	35	25	30	22 30
KHS-63	120	40	33,5	17,5	140	170	80	20	208	233	248	288	55	34	32	30	25	35	45	35	35	30 36
KHS-80	135	50	38	20	175	215	97	22	221	253	271	318	65	38	40	35	32	40	55	40	45	36 46
KHS-100	160	63	42,5	22,5	210	255	120	25	265	297	328	385	80	48	50	40	32	45	65	50	55	46 60
KHS-125	195	71	50,5	27,5	250	300	140	28	285	317	356	425	100	58	63	50	32	55	80	60	65	60 75
KHS-160	240	90	62,5	37,5	320	380	180	30	327	363	417	507	130	74	80	60	36	75	100	80	85	75 100
KHS-200	295	112	77,5	47,5	380	460	210	35	399	439	511	609	160	90	100	74	40	95	115	100	105	100 120

Böylece geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi için eğim dengeleme hidrolik silindirleri orta eklem ve küresel ön bağlantılı olarak seçilmiştir. Hidrolik silindirler ve bu hidrolik silindirlere ait sistem bağlantıları, geliştirilen iş makinesi tasarımına katı model olarak dahil edilmiştir (Şekil 4.52 ve Şekil 4.53).

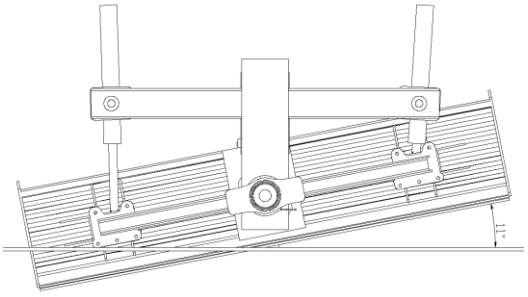


Şekil 4.52. Eğim dengeleme hidrolik silindirleri ve bağlantı aparatları montajı

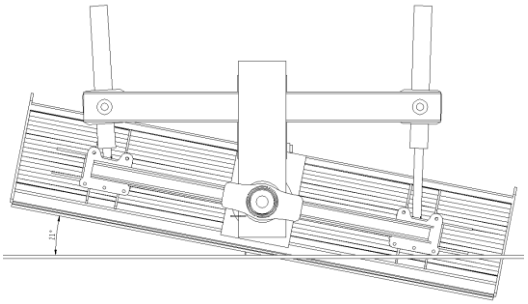


Şekil 4.53. Eğim dengeleme hidrolik silindirleri montajı ve kürek sistemi

Bu hidrolik silindirler maksimum eğim hareketi pozisyonlarında diğer sistem uzuvları ile temas etmemektedir (Şekil 4.54 ve Şekil 4.55).

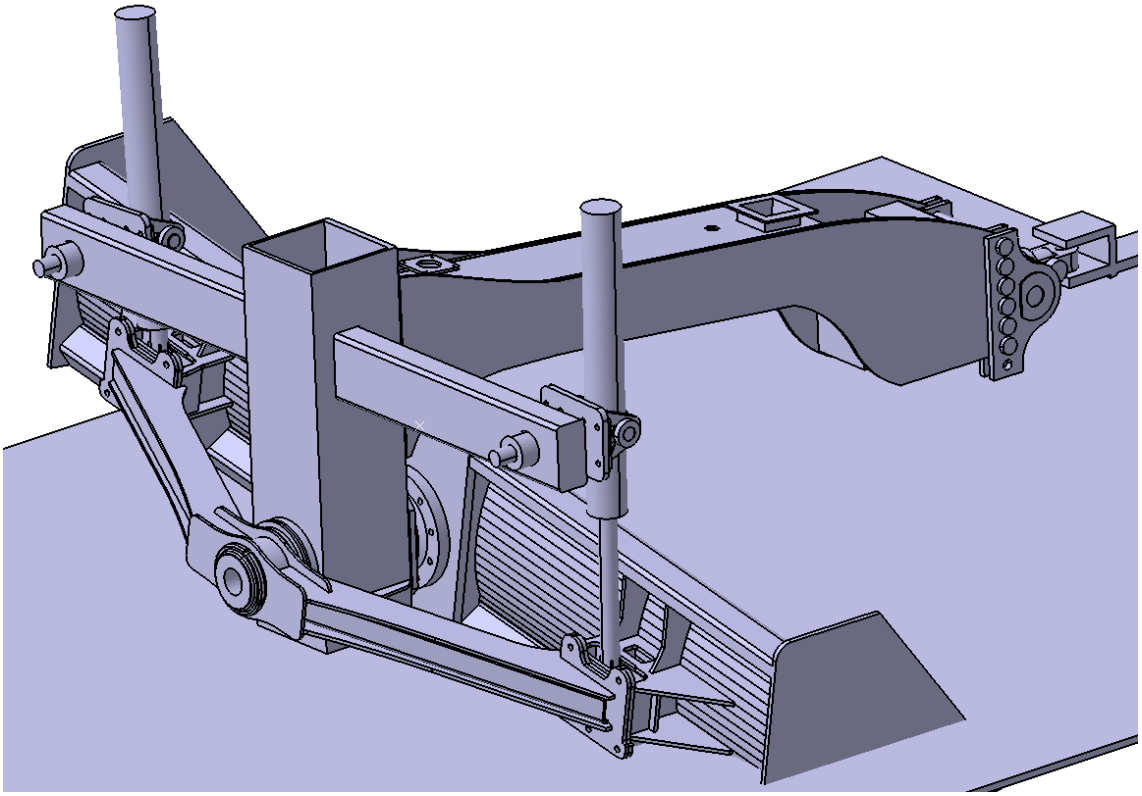


Şekil 4.54. Kürek -11^{o} eğim pozisyonu



Şekil 4.55. Kürek +11^{o} eğim pozisyonu

Geliştirilmiş lazer kontrollü zemin tesviye makinesi küreğin $+11^{o}$ eğim pozisyonunda montajına ait katı model Şekil 4.56' da görülmektedir.

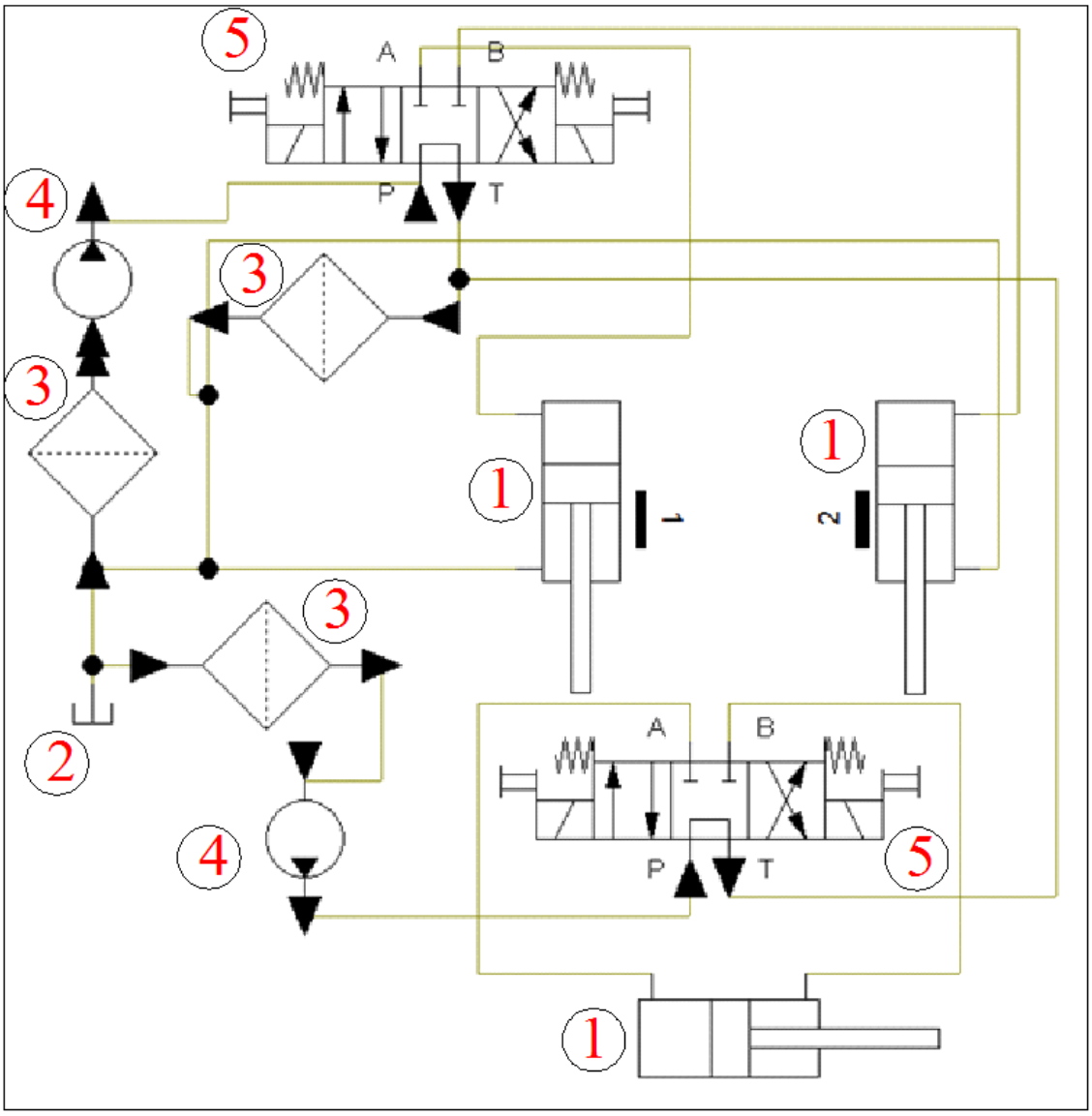


Şekil 4.56. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi kürek eğim hareketi

4.7.2. Hidrolik Sistem Tasarımı

Geliştirilen zemin tesviye makinesinde 2 adet eğim dengeleme silindiri, 1 adet kürek hareket hidrolik silindiri ve 1 adet sinyal alıcı yükseklik ayar hidrolik silindiri olmak üzere 4 adet hidrolik silindir kullanılmıştır. Makine otomasyon sistemi ile ilgili olan kürek hidrolik silindiri ve eğim dengeleme hidrolik silindirleri bir adet tandem pompa ile aktive edilmiştir. Hidrolik devre elemanlarının tasarımı FluidSim hidrolik sistem tasarım simülasyon programı ile gerçekleştirilmiştir. Hidrolik sistem elemanları, önceden hesaplanan hareket hızları ve sistemin çalışma ortamı (toz, sıcaklık, sıvı teması vs.) dikkate alınarak seçilmiştir. Bu sistemde çift etkili eğim dengeleme hidrolik

silindirleri yalnızca ileri hareket yapmaktadır. Eğim dengeleme hidrolik silindirlerinden biri ileri hareketi gerçekleştirirken aynı anda mekanik olarak diğerini tahrik etmekte ve onun geri hareketi gerçekleştirmesini sağlamaktadır (Şekil 4.57).

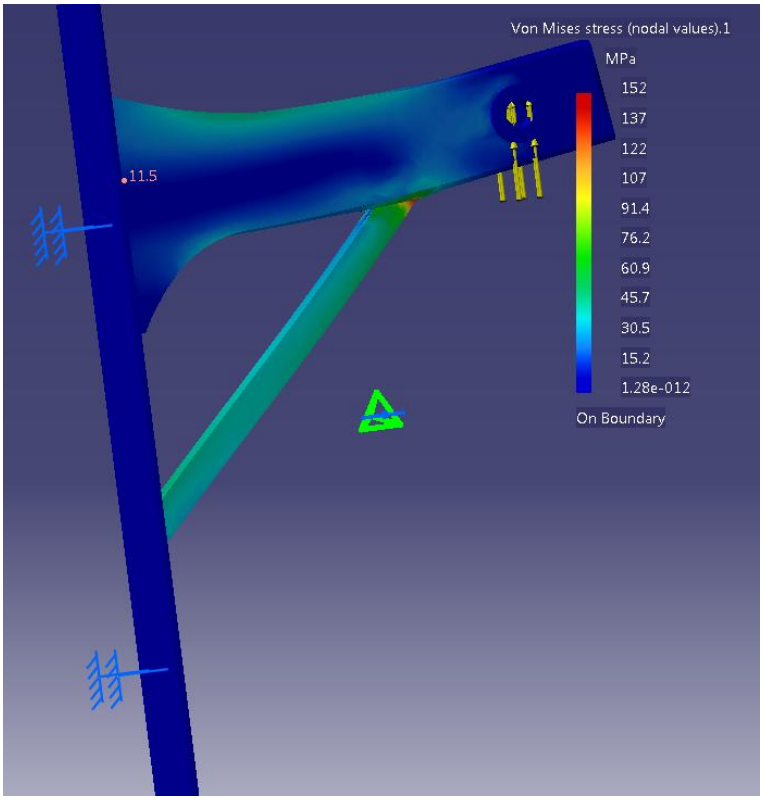


Şekil 4.57. Hidrolik sistem elemanları FluidSim tasarımı

(1-Çift etkili hidrolik silindir, 2-Tank, 3-Yağ filtresi, 4-Hidrolik yağ pompası, 5-Selenoid valf)

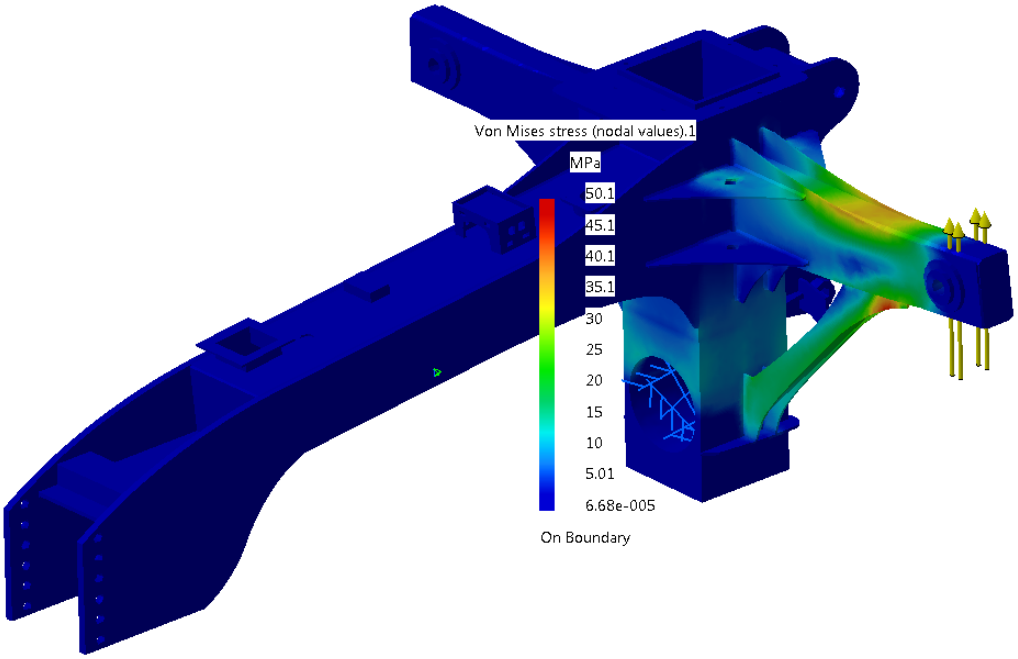
4.7.3 Kürek Eğim Dengeleme Hidrolik Silindir Bağlantı Kollarının Boyutlandırılması

Kürek eğim dengeleme hidrolik silindirlerine etkiyecek maksimum yük makinenin toplam ağırlığını geçemez. Makine ağırlığı yaklaşık olarak 25 kN' dur. 5-7 km/h ilerlemenin etkisi ve makine küreği üzerinde taşınan zemin malzemesi ağırlığının da hesaba katılmasıyla bu ağırlık maksimum 40 kN' dur. Bu nedenle hidrolik silindir bağlantı kollarına maksimum 40 kN yük uygulanacağı kabulü ile gerilme analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle bağlantı kolları için çeki profili tasarımına benzer biçimde plaka uygulaması gerçekleştirilmiş ve 45^{o} açılı konumlandırılmış 70 mm x 70 mm standart profil desteği tasarıma eklenmiştir. Bu durumda, maksimum yükleme sonucunda tasarımda meydana gelen maksimum gerilme profil kolu üzerinde 152 MPa değerindedir (Şekil 4.58).



Şekil 4.58. Eğim dengeleme hidrolik silindir kolları gerilme analizi

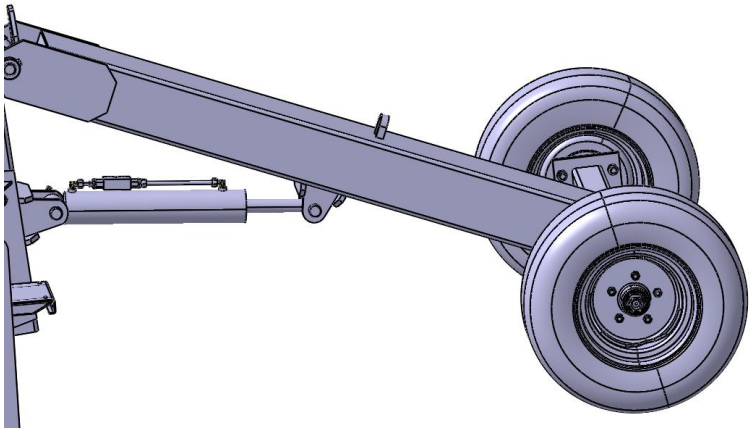
Hidrolik silindir bağlantı kolları ana şasinin kolona bağlı bir bölümüdür ve bu gerilme değeri ana şasi için uygun değildir. Bu yüzden kol destek sistemi konstrüksiyonu tasarımı yeniden yapılandırılmış ve bu sayede maksimum yükleme durumunda sistem üzerine etkiyen maksimum gerilme 50.1 MPa değerine düşürülmüştür (Şekil 4.59).



Şekil 4.59. Ana şasi eğim dengeleme bağlantı kolları gerilme analizi

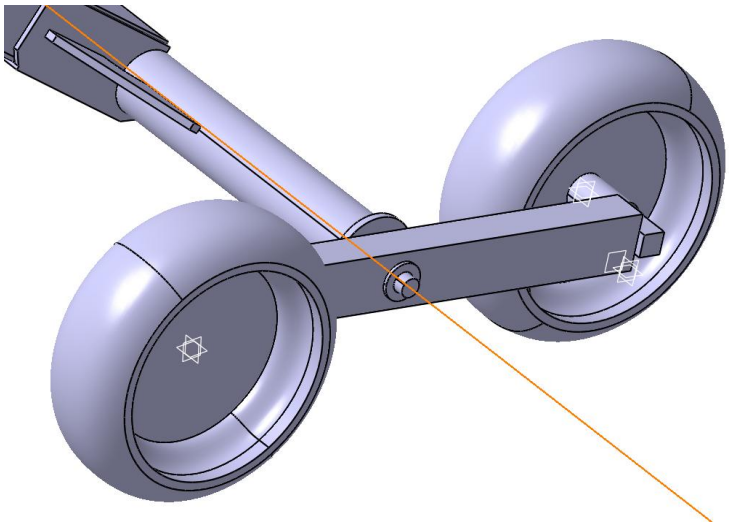
4.8. Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Mevcut kürek taşıma sisteminde Şekil 4.60' ta görüldüğü gibi aralarında 2 metre dingil mesafesi olan 2 adet taşıyıcı tekerlek vardır. Ancak bölüm 4.1.3'te açıklanan sebeplere bağlı olarak taşıyıcı sistemde yenilikler yapılma gereği vardır.

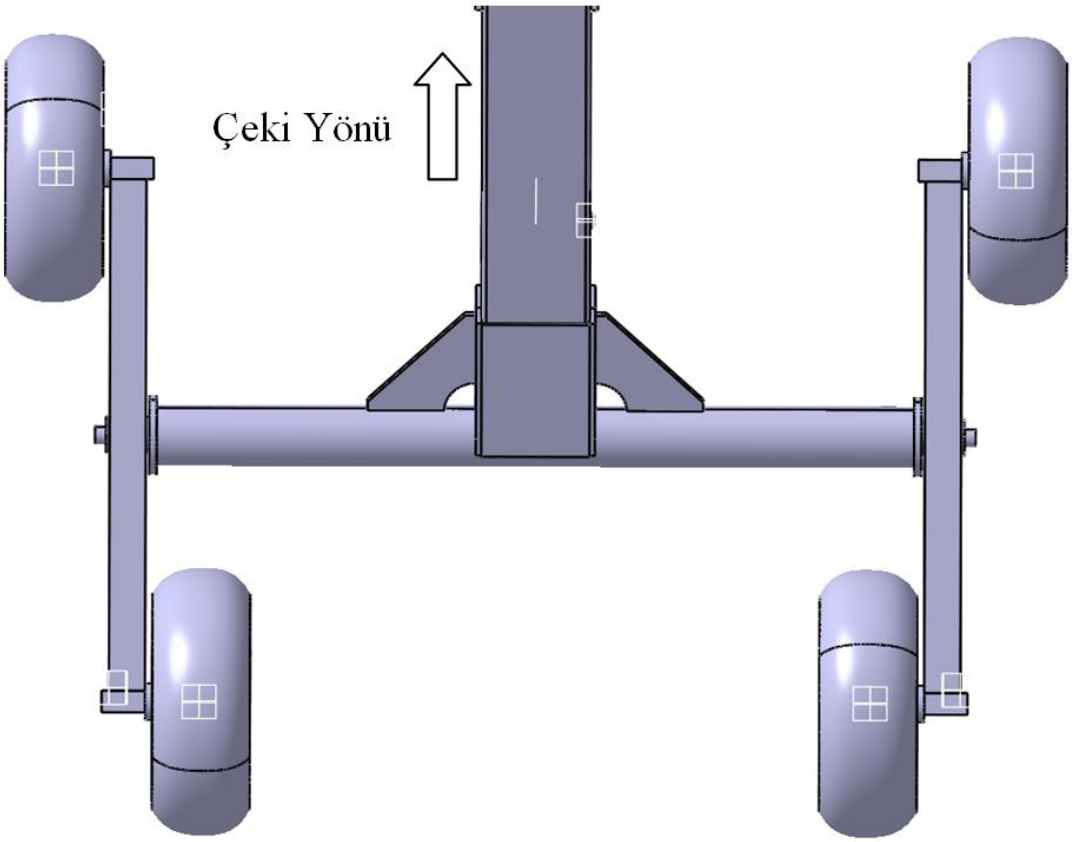


Şekil 4.60. Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi taşıyıcı sistemi katı modeli

Öncelikle tekerlek taşıyıcı sisteminde 4 adet tekerlek olması tasarlanmıştır. Bu tekerlekler zemin ezilme direncinin artmaması için 2 'li ve çapraz olacak biçimde konumlandırılmıştır. Tekerlek merkezleri arası mesafe 1.40 m dir ve tekerleklerin bağlı olduğu profil ortasından mafsallanmıştır. Bu sayede zemin düzensizliklerinden en az biçimde etkilenmek amaçlanmıştır. Şekil 4.62'de üstten görünüşü verilen sistemde çeki yönüne göre önde bulunan tekerlekler çeki eksenine göre dışta konumlandırılmışlardır.

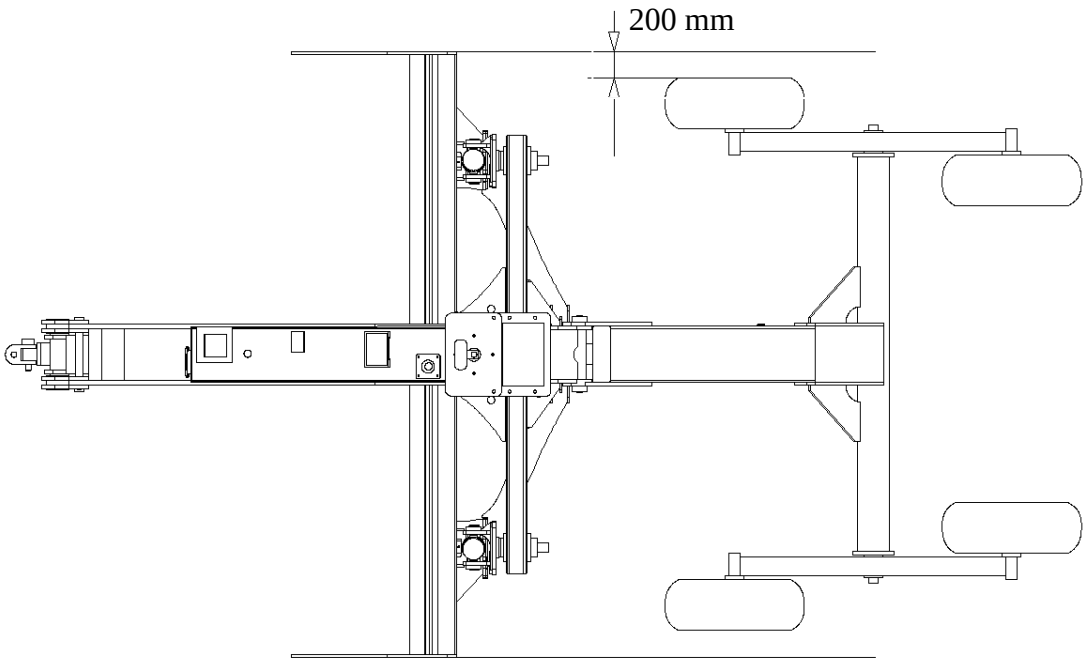


Şekil 4.61. Geliştirilen taşıyıcı sistem mafsal bağlantı tasarımı



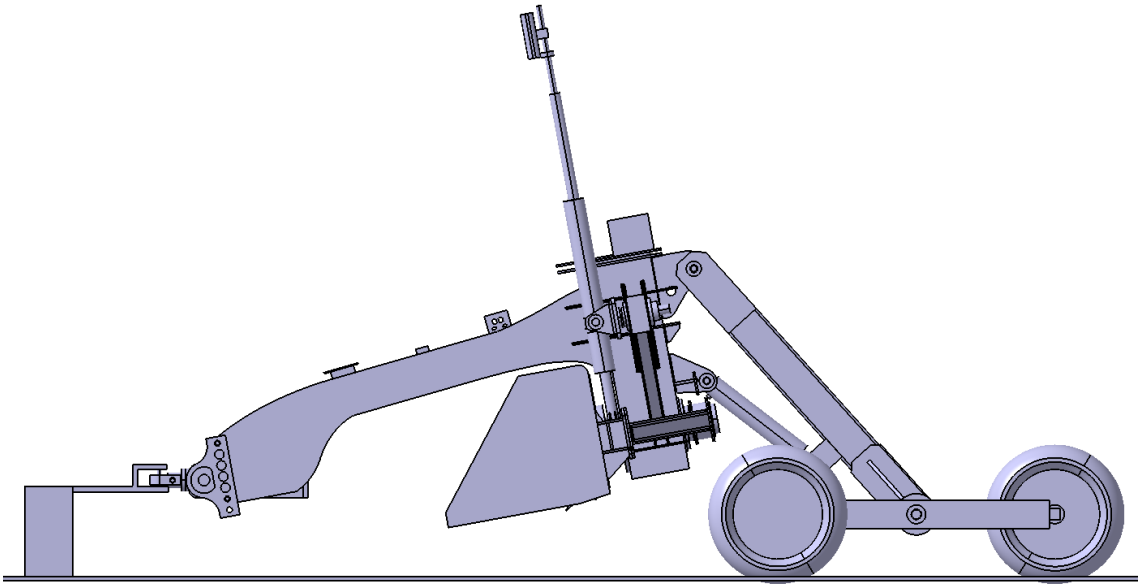
Şekil 4.62. Geliştirilen taşıyıcı sistem 3D tasarımı

Böylece geliştirilen zemin tesviye makinesi otomasyon sistemi beklentilerine daha etkin cevap verecektir. Mafsallı tekerlek bağlantılarını taşıyan sistem pirinç yataklı olarak tasarlanmıştır. Önceden de belirtildiği üzere kürek maksimum açıklığı 3.2 metredir. Tasarlanan tekerlek sisteminde özellikle dıştaki tekerleklerin dönme pozisyonları da düşünülmüş ve her iki yandan 20 cm. pay bırakılarak taşıyıcı sistem dingil mesafesi 2.80 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Şekil 4.63' te tasarıma ait 2D' lu görünüş sunulmaktadır. Bu görünüşte gösterilen L_p mesafesi de toplam makine uzunluğunun azaltılması kapsamında 2.11 m'den 1.6 m'ye düşürülmüştür.

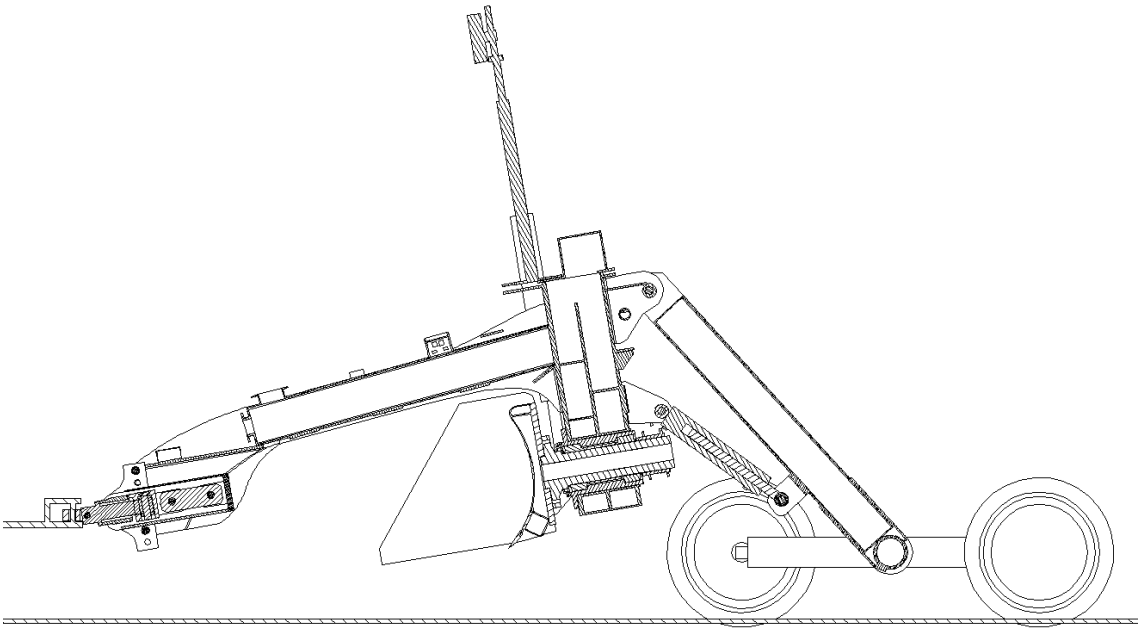


Şekil 4.63. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi üst görünüşü tekerlek iz genişlikleri

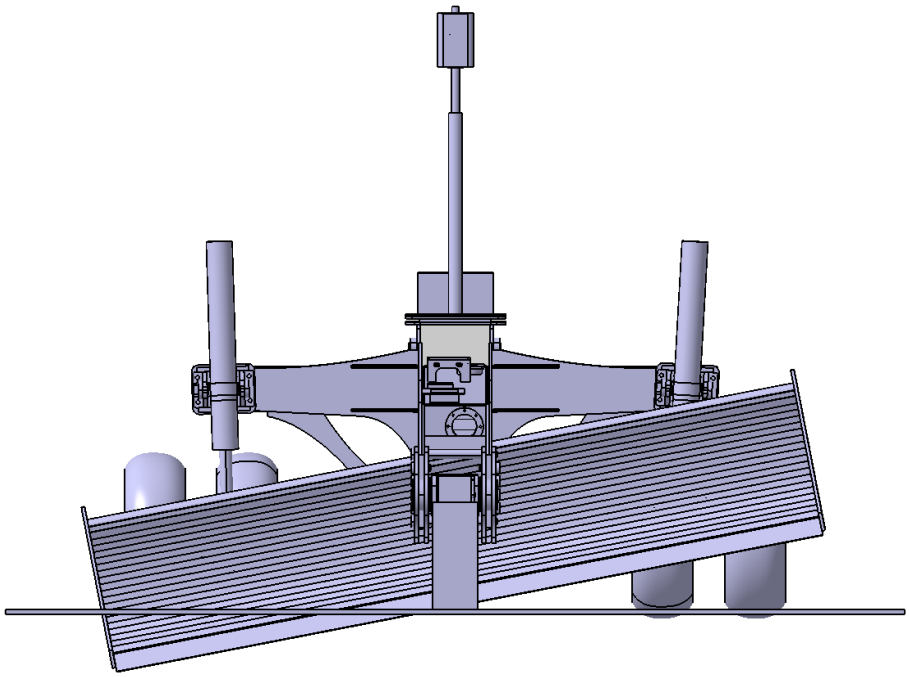
Böylece mevcut lazer kontrollü zemin tesviye makinesi üzerinde başlangıçta hedeflenen geliştirmeye yönelik tasarım işlemleri tamamlanmıştır. Geliştirilen tasarımın operasyon, eğim durumu ve yol pozisyonlarına ait çeşitli görünüşleri Şekil 4.64 - 4.68 arasında sunulmaktadır.



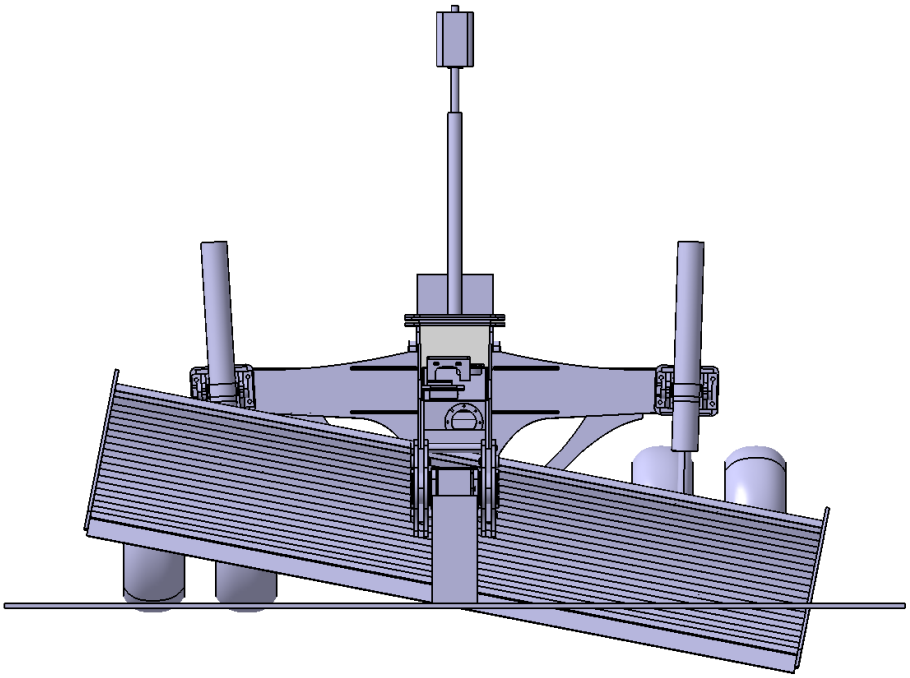
Şekil 4.64. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi 3D sağ yan görünüşü



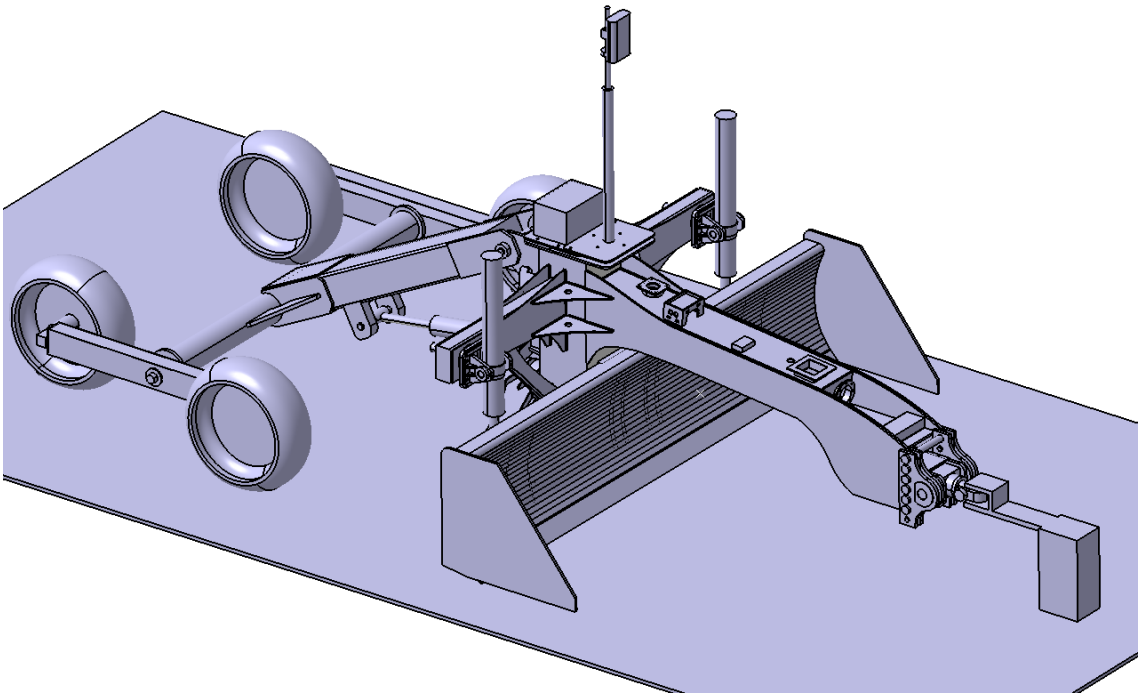
Şekil 4.65. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi 2D sağ yan kesit görünüşü



Şekil 4.66. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi 3D ön sol eğimli ön görünüşü.



Şekil 4.67. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi 3D ön sol eğimli ön görünüşü.



Şekil 4.68. Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi çalışma pozisyonu görünüşü

BÖLÜM 5

TASARIMA YÖNELİK ÜRETİMLER VE DÜZENLEMELER

Bölüm 4' de detayları ile açıklanan tasarım çalışmaları neticesinde teknik ölçüleri ve profili elde edilen lazer kontrollü zemin tesviye makinesi' nin üretimi bu bölümde ele alınmıştır. Bu bölümde ayrıca, 4. Bölümde açıklanan tasarım aşamalarında detayları verilmemiş olan yapısal elemanların üretim aşamaları ve resimleri de verilecektir.

Geliştirilen tasarıma yönelik üretim, satın alınan bir lazer kontrollü zemin tesviye makinesi üzerinde yapılan düzenlemeler ve ek sistemler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Lazer kontrollü zemin tesviye makinesinin alımı, üzerindeki tüm ek sistemler, sarf malzemeleri ve işçilik giderleri TÜBAP 2010/0184 numaralı "Lazer Kontrollü Toprak Tesviye Makinesi Modernizasyonu" başlıklı proje kapsamında mali olarak desteklenmiştir.

5.1. Taşıyıcı Tekerlek Sistemi ve Kürek Genişliğinin Değiştirilmesi

Makine taşıyıcı tekerlek sisteminin yeni tasarıma yönelik üretimi, satın alınan makinenin temini aşamasında, kendilerine verilen teknik resimler ışığında, üretici firma tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1). Tasarıma uygun olarak hareketli tekerlek bağlantı sistemi pirinç yatak ile dingil sistemine monte edilmiştir. Böylece mevcut makine, geliştirilen tasarıma uygun taşıyıcı sistemi ve kürek genişliği ile üretilmiştir (Şekil 5.2).



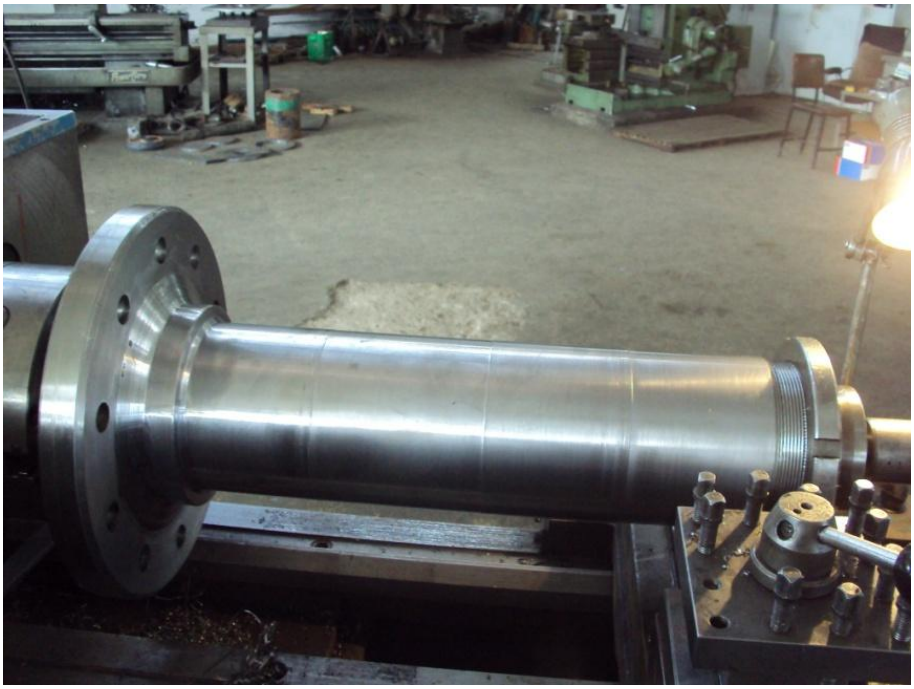
Şekil 5.1. Tekerlek taşıyıcı sistem



Şekil 5.2. Geliştirilen taşıyıcı sistem ve arttırılmış kürek genişliği

5.2. Mil Üretimi

Mil 200 mm dış çapında ve 700 mm uzunluğunda çelik malzemeden işlenmiş ve bölüm 4.4.5' te verilen hesaplara uygun boyutlarda işlenmiştir. Mile kaynaklanacak olan 350 mm dış çaplı bir flanş torna tezgahında işlenmiş, üzerine kaynak ağzı açılmış ve bir divizör yardımı ile civata delikleri için merkezleme yapılmıştır ardından matkap tezgahında delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir ve Şekil 5.3' de ise üretimi tamamlanmış mil görülmektedir.



Şekil 5.3. Mil üretilmiştir

5.3. Kayar Mafsallı Radyal Rulmanlar ve Montajları

Bölüm 4.4.4. te seçilen iki adet "SKF GE 160 TXG3A-2LS" kodlu rulman SKF TÜRK firması tarafından hibe edilmiştir. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de gösterilen bu kayar mafsallı radyal rulmanlar, iki bilezikten oluşmaktadır ve kendilerine ait mavi renkli keçeleri de mevcuttur. Bu rulmanlar hesaplanmış ömürleri boyunca bakımsız çalışırlar.



Şekil 5.4. Radyal küresel bakımsız rulman



Şekil 5.5. Rulman ve keçeleri

Mil kürek bağlantı plakası 30 mm kalınlığında ve 160 mm mil çapı deliği mevcut olacak şekilde işlenmiştir. Şekil 5.6' da flanşlı milin rulmanları ile birlikte bağlantı plakasına montajlı hali görülmektedir.



Şekil 5.6. Mil sistemi montajı

5.4. Kovanın Üretimi

Kovan çelik çekme borudan talaşlı işlenmiş ve tasarıma uygun olarak ölçülerine getirilmiştir (Şekil 5.7).

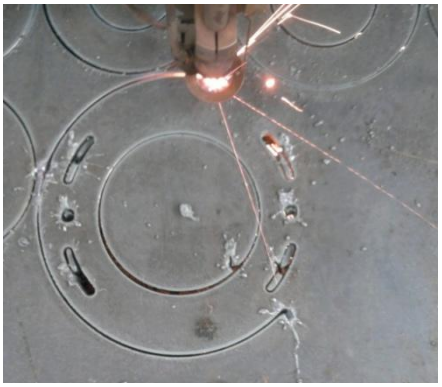


Şekil 5.7. Kovanın torna tezgahında işlenmesi

Kovan flanşı plazma kesme cihazı ile kesilmiştir. Plazma kesme için ilgili parçaya ait teknik resim Şekil 5.8'de kontrol paneli gösterilen plazma kesme cihazına yüklenmiş ve Şekil 5.9' da gösterildiği biçimde kesilmiştir.

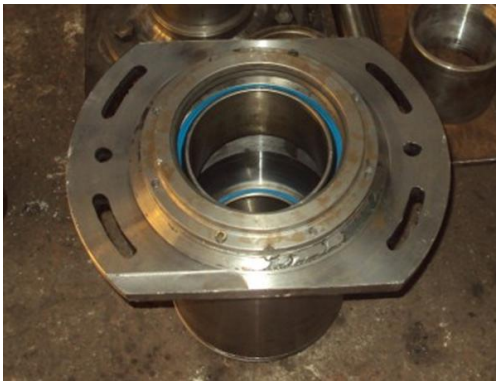


Şekil 5.8. Plazma kesme cihazına teknik resmin yüklenmesi



Şekil 5.9. Kovan flanşının plazma cihazında kesilmesi

Plazma kesme cihazı ile kesilen flanş torna tezgahında tasarım ölçülerine işlenmiş ve uygun kaynak ağzı açılmıştır. Rulmanlar işlenen kovan boşluğu içerisine monte edilmiştir. Ardından keçe kapakları da torna tezgahında işlenmiş ve montajı gerçekleştirilmiştir. Böylece mil kovan bağlantıları hazırlanmıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Kovan - rulman ve keçe kapakları montajı

5.5. Ana Şasi Kolonu Üretimi

Kolon 10 mm kalınlığındaki sacın U profil şeklinde bükülmesi ile oluşturulmuştur. U şeklinde bükülen sacın iç bölümlerine destek amaçlı plakalar kaynaklanmıştır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Kolon üretimi

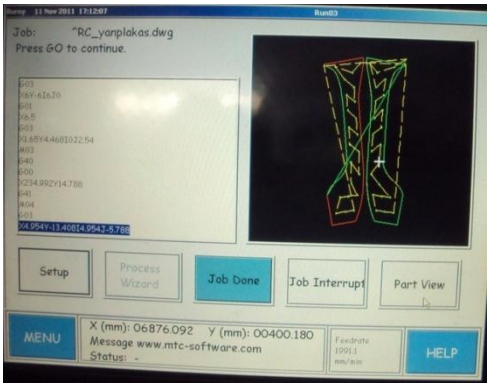
Ana şasi bağlantı kolonunun çeki profili birleşim bölgesinde uygun plaka kalınlığını sağlamak amacı ile sac plaka kesilmiş ve plazma kesme cihazı ile bu plaka üzerinde kaynak boşlukları oluşturulmuştur. Böylece sac plaka kolon profiline nispeten daha sağlıklı biçimde bağlanmıştır. Bu işlemin ardından kovanın kolona civatalı bağlantısı da gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Kolon kovan montajı gerçekleştirilmiştir

5.6. Ana Şasi Çeki Profili Üretimi

Çeki profili, yapılan tasarıma uygun olarak; 200 mm x 300 mm standart dikdörtgen profil ve bu profilin iki yanında yer alan sac plakaların kaynaklı birleşimi ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle AutoCad programı ile oluşturulan 2D teknik çizimler plazma kesme cihazına yüklenmiş ve kesme operasyonu işlem sırası belirlenmiştir (Şekil 5.13). Çeki profilini oluşturan standart dikdörtgen profil ile sac plakaların daha mukavemetli birleşimini sağlamak amacı ile sac çeki plakaları üzerinde kaynak boşlukları oluşturulmuş ve ardından plazma kesme cihazı ile kesme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.14).



Şekil 5.13. Plazma kesme cihazına çizim yüklenmesi



Şekil 5.14. Plazma kesme cihazı ile kesme

Benzer biçimde tasarıma uygun olarak çeki yatak plakaları plazma kesme cihazı ile kesilmiştir (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Çeki yatak plakalarının plazma kesme cihazı ile kesilmesi

Hazırlanan çeki plakaları standart dikdörtgen profile kaynaklanmıştır. Bağlantının mukavemeti açısından, Şekil 5.16' de görüldüğü üzere, yan çeki plakaları üzerinde kaynak birleşim boşlukları oluşturulmuştur.



Şekil 5.16. Ana şasi çeki yan plakaların kaynağı

Yan plakaların iç bölümüne, standart dikdörtgen profilin devamına, tasarıma uygun olarak plakalar kaynaklanmıştır. Çeki plakasının iç ve dış bölümüne çeki yatak plakaları 30 mm lik pimler ile monte edilmiştir. Çeki yatağı plakalarının içerisine ise, yük hücresi çeki pimi yatağı dahil edilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Çeki yatağının montajı

Çeki yatağı montajı yapıldıktan sonra sıra kürek düzenlenmesine gelmiştir. Kürek, tasarıma uygun olarak mil bağlantı plakası ile kaynaklanmıştır. Böylece mil ile kürek sistemi bağlantısı gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Kürek mil bağlantı plakası kaynağı

5.7. Yük Hücresi Bağlantı Sisteminin Oluşturulması

Yük hücresi bağlantı sistemine yönelik çalışmada; yük hücresi yan plakaları da yine plazma kesme cihazı ile kesilmiştir. Yük hücresi bağlantı bloğu kesilerek üzerine çeki mili yatağı kaynaklanmış ve işlenmiştir. Sonraki aşamada bu bağlantı bloğuna, çeki profili bağlantısını gerçekleştiren pimler kaynaklanmıştır. Çeki mili için yağ hattı oluşturulmuş ve gresörlük bağlantı kanalı açılmıştır (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Yük hücresi sistemi montajı

5.8. Taşıyıcı Profil Düzenlemeleri

Makine taşıyıcı profili tasarıma uygun olarak kısaltılmıştır. Profil - kolon bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Kürek yüksekliğini değiştirecek olan hidrolik silindir montajı için ana şasi kolonu üzerinde bağlantı yapılmıştır. Böylece ana şasi ile taşıyıcı sistemin montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Taşıyıcı sistem profil düzenlemesi

5.9. Kürek Kol Destek Sisteminin Montajı

Kol destek profili tasarıma uygun olarak oluşturulmuştur. Mil sonu civatası ile mile, civata ve pim bağlantısı ile de küreğe monte edilmiştir. Şekil 5.21' de görüldüğü gibi destek profili standart kutu profil ve bu profilin üst ve alt bölümleri için kesilmiş plakaların kaynaklanması ile oluşturulmuştur.



Şekil 5.21. Geliştirilen kürek bağlantı sisteminin montajı

5.10. Ana Şasi Eğim Dengeleme Hidrolik Silindir Bağlantıları ve Devre Elemanları

Kürek eğim dengeleme hidrolik silindirleri bağlantı kollarının elde edilmesi için öncelikle Şekil 5.22'da gösterilen destek sacları plazma kesme cihazı ile kesilmiştir. Bu saclar standart (100 mm x 200 mm) dikdörtgen profile kaynaklanmıştır (Şekil 5.23).



Şekil 5.22. Plazma ile kol destek saclarının kesilmesi



Şekil 5.23. Dikdörtgen profilin kesilmesi ve destek sacın kaynağı

Eğim dengeleme hidrolik silindirleri orta eklem bağlantıları için tasarıma uygun civata bağlantılı kepler (Şekil 5.24) ve bu keplerin monte edildiği mekanik sistemler bir araya getirilmiştir. (Şekil 5.25).



Şekil 5.24. Hidrolik silindir kep bağlantısı



Şekil 5.25. Eğim dengeleme hidrolik silindirlerinin montajı

Bu işlemlerin ardından tesviye küreği ve diğer mekanik aksamları boyanarak hidrolik sistem kurulumu için hazır hale getirilmiştir (Şekil 5.26).



Şekil 5.26. Ana şasi-kürek-kol destek profili-taşıyıcı sistem

Makinenin boya işleminin tamamlanmasının ardından kürek sistemin parçaları Şekil 5.27-5.28'te görüldüğü gibi yeniden bir araya getirilmiştir.



Şekil 5.27. Orta eklem bağlantılı çift etkili hidrolik silindir



Şekil 5.28. Eğim dengeleme hidrolik silindirlerinin montajı

Eğim dengeleme hidrolik silindirleri, tasarımlarına uygun biçimde Şekil 5.29' da görüldüğü gibi yarı açık iş strok değerinde montaj edilmişlerdir.



Şekil 5.29. Orta eklem bağlantılı çift etkili hidrolik silindirin montajı

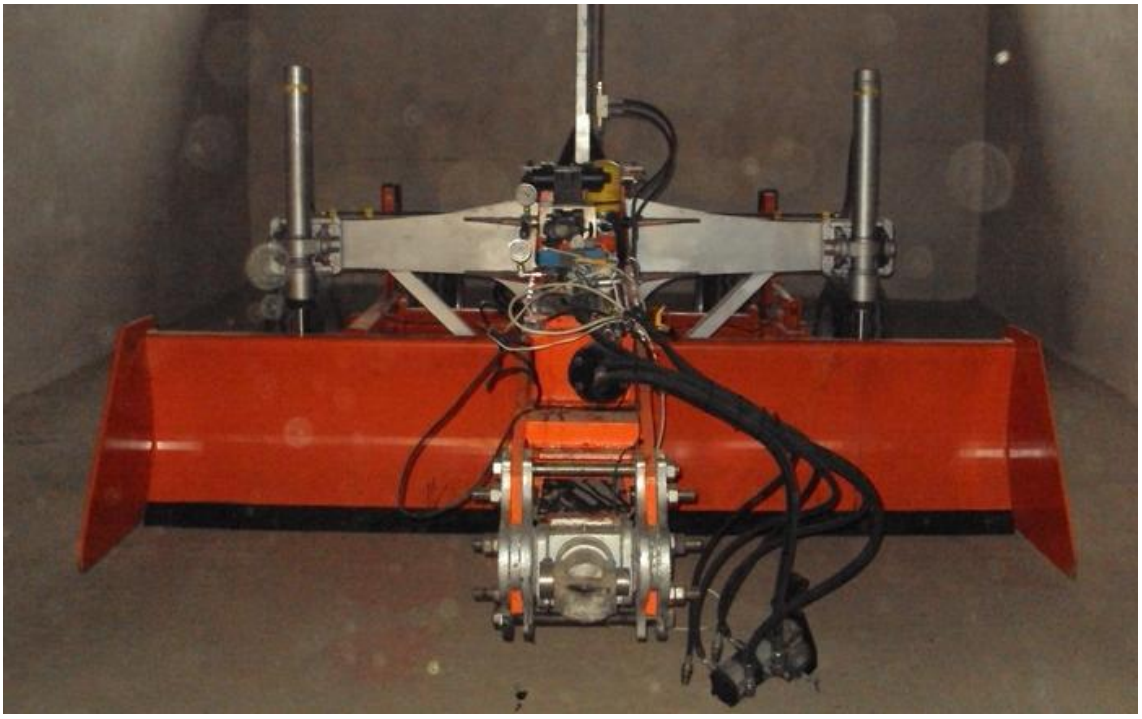
5.13. Makine Hidrolik Sistem Kurulumu

Hidrolik devrenin sistem üzerinde kurulumu devre elemanlarının temini ile başlamıştır. Bundan sonra ilk olarak yağ hortumlarının bağlantıları yapılmıştır. Makine hidrolik sisteminde önceden tasarlanan iki adet hidrolik kilit yerine yerleştirilmiştir. Bu kilitlerin özelliği kullanıldıkları (giriş/çıkış) iki yönlü devre hattında, hidrolik sisteme akışkan girişi olmadan akışkan çıkışı olmamasıdır. Böylece hidrolik silindirlere yağ girişi olmadığı sürece dış kuvvetlerin etkisi (yer çekimi ve küreğe uygulanan basma kuvveti) ile hidrolik silindirlerin stroğu değişmez.

Makine ana şasisi aynı zamanda yağ tankı olarak düzenlenmiştir ve 65 lt yağ kapasitesine sahiptir. Hidrolik sistemde 3 adet yağ filtresi bulunur. Bu filtrelerden 2 tanesi yağ emiş filtresi ve bir tanesi tank yağ dönüş filtresidir. Hidrolik sistemde tandem hidrolik pompa kullanılmıştır. Tandem sistemde yer alan pompalardan bir tanesi küreğin yükseklik hareketini diğeri ise eğim hareketini sağlar

Hidrolik sistemde kürek eğim hareketi ve küreğin yükseklik hareketi için iki adet selenoid valf tercih edilmiştir. Selenoid valfler birer bağlantı kütüğü üzerine montajlıdır. Bu kütüğün üzerinde basınç ayar valfleri ve manometreler de mevcuttur. Yağ tankı üzerine yağ seviye ve sıcaklık göstergesi takılmıştır. Bu hidrolik eleman saydam bir cetvele sahiptir.

Hidrolik güç iletimi basınca dayanıklı hidrolik akışkan boruları ile sağlanmaktadır. Plastik hidrolik akışkan boruları sürtünme dirençlerinin yüksek olması nedeni ile hareketli bölümlerde kullanılmıştır. Sabit bölümlerde ise metal hidrolik boruları kullanımı tercih edilmiştir. Yukarıda açıklanan tüm bu hidrolik devre elemanları Şekil 5.40'te ayrıntılı biçimde gösterilmektedir. Böylece makine hidrolik sisteminin kurulumu ve mekanik tasarımının yaklaşık olarak % 95' i tamamlanmıştır (Şekil 5.30).



Şekil 5.30. Geliştirilen zemin tesviye makinesi ve hidrolik sistemi kurulmuştur

5.14. Otomasyon Sistemi Yardımcı Elemanları

Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi kolonu ve eğim dengeleme hidrolik silindiri taşıyıcı kollarını birleştiren destek elemanları plazma ile kesilmiş ve kaynağı gerçekleştirilmiştir. Kürek kol destekleri üzerinde sınır anahtar temas sacları da yine tasarıma uygun olarak kaynaklanmıştır.

Makinenin üretiminde son aşama otomasyon panolarının üretimidir. Otomasyon panoları ince sac levhaların gaz altı ark kaynağı ile birleşimleri ile üretilmiştir. Böylece makinenin mekanik üretimi tamamlanmış, hidrolik sistem devresi kurulmuş ve otomasyon sistemi kurulumu ile ilgili mekanik gereksinimleri gerçekleştirilmiştir. (Şekil 5.31).



Şekil 5.31. Hidrolik sistemi ve kontrüksif düzenlemeleri tamamlanmış sistem

BÖLÜM 6

GELİŞTİRİLEN LAZER KONTROLLÜ İŞ MAKİNESİNİN OTOMASYONU

Bu çalışmada geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi otomasyon sistemi ile kontrol edilen hareketlerin hidrolik güç sistemleri ile sağlanması hedeflenmektedir. Bölüm 4' te tasarı ve bölüm 5' te üretim aşamaları detaylı olarak açıklanan mekanizmanın otomasyon sistemi çalışmaları da bu bölümde ele alınmıştır.

Makinelerin otomatik kontrolünde, kontrolü gerçekleştirilen sistemlerin takibi oldukça önemlidir. Hareket kontrol sistemlerinde uzuvların hareket sınırları, konumları, hızları gibi hareket bilgilerine ait değerler sensörler ile izlenir. Bir otomasyon sistemi için uygun sensörlerin seçimi ile emniyet faktörlerinin sisteme dahil edilmesi önemlidir.

6.1. Geliştirilen Lazer Kontrollü İş Makinesi Otomasyon Sistemi Hedefleri ve Çözümleri

6.1.1. Kürek Eğim Dengeleme Otomasyon Sistemi

Kürek eğim dengeleme sistemi ile ilgili hedefler şöyle sıralanabilir:

- Geliştirilen iş makinesi küreği, ilerleme anında istenilen eğim değerine otomatik olarak kilitlenmeli ve bu eğimi otomasyon sistemi ile sürdürmelidir.

- İstenilen eğim değeri operatör tarafından sisteme girilebilmeli ve anlık eğim değeri gözlenebilmelidir.

- Eğim dengeleme otomasyon sistemi makinenin düzenli çalışmasını etkilemeyecek şekilde devreden çıkartılabilmelidir.

- Otomasyon sistemi devreden çıkmış halde iken, operatör, panel üzerinde bulunan butonlar vasıtasıyla küreğin hareketini manuel olarak gerçekleştirebilmelidir.

- Bu otomasyon sistemi diğer makine otomasyon sistemlerinden (çeki kuvveti, maksimum yük koruma sistemi) bağımsız olmalıdır.

Bu amaçla kürek üzerine bir eğim sensörü monte edilmiştir. PLC yazılımında; eğim sensörü ile ölçülen (analog) açı değeri küreğin olması istenilen açı değeri ile karşılaştırılır. Ayrıca küreğin eğim hareketi için bir tolerans değeri de belirlenir. Eğer kürek istenilen açı değeri tolerans aralığında değil ise; küreğin istenilen açı konumunda olması için eğim dengeleme selenoid valfinin ilgili çıkışı enerjilendirilir. Bu enerjilendirme darbeli sinyal çıkışı ile gerçekleştirilir. Kürek hidrolik güç iletimi ile istenilen açı konumuna hareket eder. Kontrol işlemi PLC devresi ve tarafımızdan kodlanan bir yazılım ile gerçekleştirilir. Eğer kürek istenilen açı konumunda ise operatör panelinde yeşil, değil ise kırmızı lamba yanar.

6.1.2. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi

Çeki kuvveti otomasyon sistemi ile ilgili beklentiler şöyle sıralanabilir:

- Tesviye makinesinin ilerlemesi için uygulanan çeki kuvveti değeri sistem çalıştığı sürece ölçülmelidir.

- Çekicinin uyguladığı çeki kuvvetini en verimli şekilde kullanmak amacıyla tesviye sırasında uygulanan çekme kuvveti PLC ile denetim altına alınmalıdır.

- Bu sistem eğim dengeleme otomasyon sisteminden ve lazer sisteminden bağımsız olarak çalışabilmelidir.

- İşlem bilgisi operatör panelinde kırmızı ve yeşil lamba ile operatöre sunulmalıdır.

Bu beklentilere bağlı olarak çekicinin seçilmiş ilerleme hızı için uygulayabileceği maksimum çekme kuvveti operatör tarafından kontrol paneline girilir. Bu değer makinenin maksimum zorlanma sınır değerinden (40 kN) büyük olamaz. Bu aşamadan sonra tesviye işlemi başlar ve kuvvet değeri anlık olarak sürekli ölçülür. Operasyon sırasında operatör tarafından önceden belirlenmiş çeki kuvveti değerinin üzerine çıkıldığında; tesviye makinesi küreği belirlenen çeki kuvveti değerini elde edene kadar ilgili hidrolik silindirin tahrik edilmesi ile yukarıya kaldırılır. Bu sırada operatör panelinde lazer sistemi için kırmızı lamba yanması bir PLC programı ile sağlanmıştır. Bu çözüm iki farklı çeki otomasyon hali için kullanılmıştır.

6.1.2.1. Lazer Kontrollü Zemin Tesviyesi ve Çeki Otomasyonu Aktif Durum

Zemin tesviye makinesi lazer sinyali ile ilerler. Bu sırada kürek istenilen kod değerinde ilerlemek amacı ile lazer kontrol sistemi tarafından yönetilir. Eğer operatör lazer kontrollü opsiyonu seçer ise; operatör panelinde maksimum çeki kuvveti ve küreğin yukarı hareket darbe süresi girilmelidir. Bu sayede kürek yukarı ve aşağı küçük adımlar ile hareket eder. Anlık çeki kuvveti belirlenen çeki kuvveti değerinin altına düştüğünde kürek yukarı kaldırıldığı sürenin 3/4' ü kadar sürede aşağıya indirilir ve lazer kontrol sistemi yeniden devreye girer. Bu işlemler sırasında kırmızı ve yeşil lambalar ile küreğin lazer sinyali ile ilerleyip ilerlemediğine dair operatör bilgilendirilir. Bu opsiyon ile birlikte eğim dengeleme sistemi seçilmiş yada seçilmemiş olabilir.

6.1.2.2. Lazer Kontrolsüz Zemin Tesviyesi, Maksimum Kesme ve Maksimum Taşıma Aktif Durum

Bu durum, lazer sinyalinden bağımsız olarak çalışan bir opsiyondur. Bu opsiyonda geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesinin ilerleme anındaki kuvvet değeri yük hücresi ile her an ölçülür. Çekicinin uygulayabileceği maksimum çeki kuvveti değeri operatör tarafından operatör paneline girilir. Bu kuvvet için tolerans kuvvet değeri de operatör tarafından girilebilir. Çeki otomasyon sisteminde ilerleme anında ölçülen kuvvet değeri, operatör paneline girilen kuvvet değerinden büyük ise kürek yukarıya, tolerans değeri farkından küçük ise aşağıya otomatik olarak hareket ettirilir. Böylece makine sadece çekici yük otomasyonu ve eğer seçilmiş ise eğim kontrol sistemi otomasyonu ile ilerler. Bu sayede maksimum çeki kuvveti ile kesme ve en büyük hacimde taşıma işlemi gerçekleştirilir.

6.1.3. Maksimum Yük Koruma Otomasyon Sistemi

Bu sistemde çeki kuvveti otomasyon sistemi ile benzer biçimde, çekicinin tesviye makinesine uyguladığı çeki kuvveti değeri elektronik olarak ilerlemenin her anında ölçülmelidir.

- Makine maksimum kuvvet değeri olan 40 kN dan yüksek bir çeki kuvvetine maruz kaldığında bu sistem makinenin hasara uğramasına engel olmalıdır.
- Maksimum çeki kuvveti olan 40 kN, zemin yapısına bağlı olarak daha küçük bir değer seçilebilmelidir.
- Bu sistem diğer otomasyon sistemlerinden bağımsız ve sürekli aktif olmalıdır. Örneğin yalnızca eğim dengeleme sistemini çalıştığı ve operatör tarafından herhangi bir kuvvet değerinin girilmediği hallerde de çalışmalıdır.

- Otomasyon sistemi maksimum yükle karşılaşılması durumunda sesli, ışıklı ikaz ile operatörü bilgilendirmeli ve makineyi güvenli konuma almalıdır.

Bu amaç ile ilerleme anında makine üzerine etkiyen çeki kuvveti, tasarım aşamalarında belirlenen maksimum yük değeri olan 40 kN dan yüksek bir değere veya operatör tarafından belirlenmiş 40 kN 'un altında ki bir değerin üzerine ulaştığında makine tüm otomasyon sistemlerini kapatır. Siren ve ışıklı uyarı ile birlikte makine küreğini otomatik olarak maksimum yüksekliğe kaldırır. Operatörün bu olayı fark ettiğini tespit etmek amacıyla, operatör ilgili butonu aktif edene kadar makine bu pozisyonda bekler. Bu sistem ile lazerli tesviye makinesi kendisini çeki yüklerine karşı otomatik olarak korur, bıçağın ve küreğin darbeler sonucu hasara uğraması engellenir. Makinenin kullanım ömrü uzar. Bu sayede hasar güvenliği mekanik emniyete ek olarak elektronik olarak da sağlanır.

6.2. Geliştirilen Lazer Kontrollü Zemin Tesviye Makinesi Otomasyon Sistemi Oluşturulması

Endüstriyel otomasyon sistemleri, her geçen gün, artan bir hızla gelişmekte ve üretim sürecindeki işlevleri artmaktadır. Günümüzde endüstriyel otomasyon cihazları denilince ilk akla gelen cihaz PLC' dir ve bu çalışmada kontrol cihazı olarak PLC tercih edilmiştir.

6.2.1. PLC (Programmable Logic Controller- Programlanabilir Lojik Kontrolör)

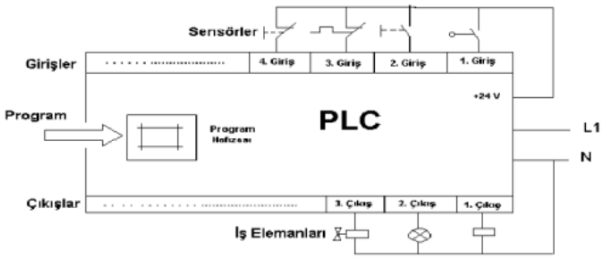
PLC'ler giriş ve çıkış terminalleri bulunan basit bir kutu görünümündedir. Bir programlama ünitesi ve ihtiyaca göre giriş ve çıkışların sayısını arttırmak için ilave modülleri bulunabilmektedir. PLC, endüstri alanında kullanılmak üzere tasarlanmış, dijital prensiplere göre yazılan fonksiyonu gerçekleyen, bir sistemi yada sistem gruplarını, giriş çıkış kartları ile denetleyen, içinde barındırdığı zamanlama, sayma,

saklama ve aritmetik işlem fonksiyonları ile genel kontrol sağlayan elektronik bir cihazdır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Farklı PLC modelleri

PLC sensörlerden aldığı bilgiyi işleyen ve iş elemanlarına aktaran bir mikroişlemci sistemidir. PLC sistemi meydana gelen fiziksel olayları, değişimleri ve hareketleri çeşitli ölçüm cihazları ile belirleyerek, gelen bilgileri yazılan kullanıcı programına göre bir değerlendirmeye tabi tutar. Sensörlere örnek olarak, herhangi bir metali algılayan endüktif sensör, PLC girişine uygun gerilim vermede kullanılan buton ve anahtarlar verilebilir. İş elemanları için PLC çıkış gerilimini kullanan kontaktörler, elektro-valfler ve lambalar uygun örnektirler. PLC mantıksal işlemler sonucu ortaya çıkan sonuçları da kumanda ettiği elemanlara yansıtır (Şekil 6.2.)



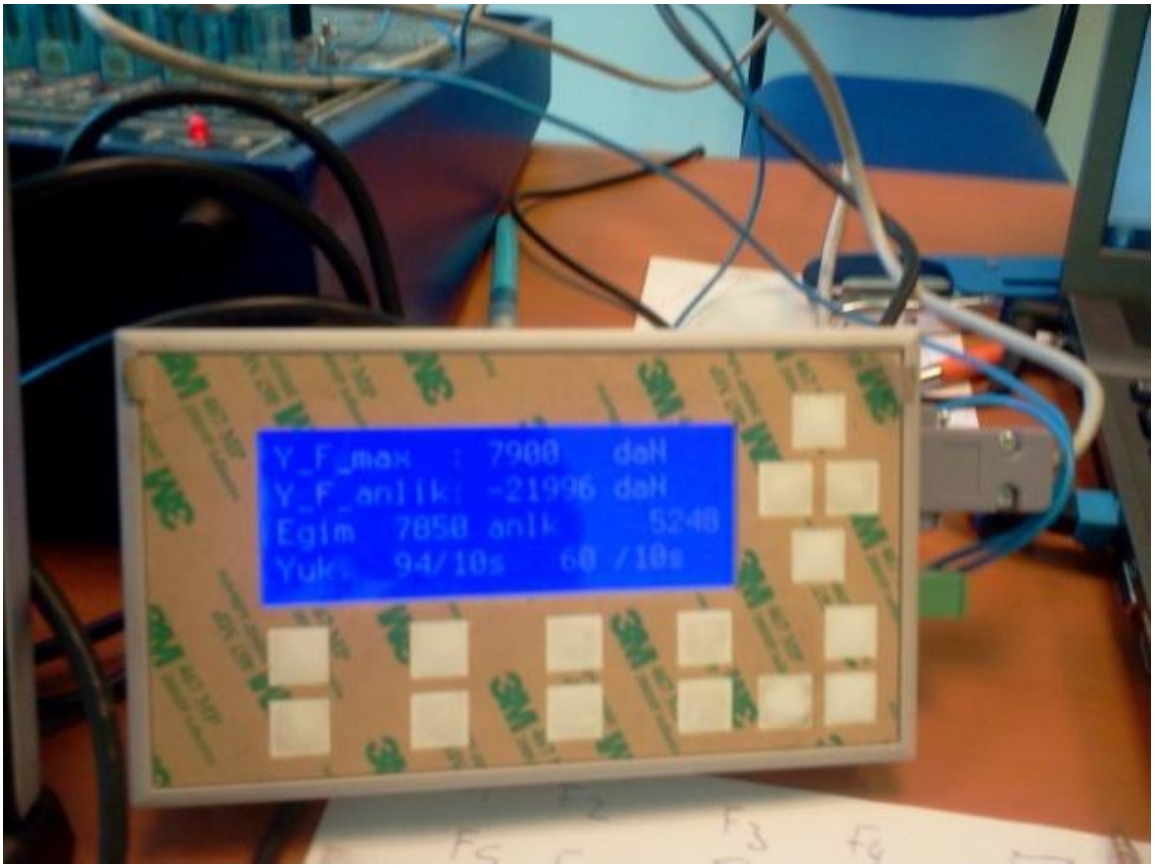
Şekil 6.2. PLC giriş ve çıkış bağlantıları şematik gösterimi

Bu çalışmada Siemens S 7200 CPU 224 Xp PLC kullanılmıştır. PLC giriş ve çıkış elemanları elektriksel bağlantıları gerçekleştirilmiş ve belirlenen algoritmaları işleyecek programlama yapılmıştır. PLC ile veri girişi işlemlerini gerçekleştirmek ve sistem çıkışlarını kontrol etmek amacıyla PLC haberleşme paneli de kullanılmıştır.

6.2.2. PLC Haberleşme Paneli

Haberleşme paneli PLC ile uyumlu bir ara yüzdür. Bu ara yüz bir bilgisayar monitörü yada bir görsel sunucudan farklıdır. Haberleşme paneli hazırlanan program ile haberleşme odaklıdır. Programda tanımlanmamış bir haberleşme paneli ile PLC üzerinde işlem yapılamaz. Haberleşme paneli ile, PLC için hazırlanmış program değişkenlerine müdahale edilebilir, otomasyon sisteminin durdurulması ve başlatılması ayrıca ;sistem sorunları, program çıktıları, sensörlerden okunan değerler ve/veya bu değerlerin aritmetik işlem sonuçları görüntülenebilir. Sistem kontrolü için S 7 200 PLC ile uyumlu 4 satırlı ve butonlu TD 400 C haberleşme paneli kullanılmıştır. Bu panel elektriksel bağlantıları ile PLC ye eklenir. Panel ile PLC iletişimi ise program düzenlemeleri ile gerçeklenmiştir.

Bu çalışmada haberleşme panelinden; maksimum çeki kuvveti, istenilen eğim değeri ve darbe süreleri girişi yapılır. Operasyon sırasında anlık çeki kuvveti değeri, anlık eğim değeri okunur (Şekil 6.3). Ayrıca makine maksimum yükleme çeki kuvveti değeri girişi gerçekleştirilir.



Şekil 6.3. PLC haberleşme paneli

6.3. Tasarlanan Otomasyon Sistemi Girişleri / Sensörler ve Butonlar

6.3.1. Halat Çekme Tipi Yük Hücresi

Otomasyon sistemi için seçilen yük hücresi çekme tipi bir kuvvet algılayıcıdır. Bu yük hücresinin aşırı yük koruması için yanlarında emniyet plakaları ve pulları vardır. Gövdesi alaşım çeliğindendir. Korozyona dayanıklı özel boya ile kaplanmış olan bu yük hücresi IP 66 sınıfında toza ve suya karşı tam korumalıdır. Vinç ve kaldırma makinelerinde aşırı yük kontrolü, kaldırılan yükün ağırlığını ölçmede yada çeki kuvveti uygulanan sistemlerde kuvvet değerini ölçmede kullanılır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Halat çekme tipi yük hücresi

Bu yük hücresine ait teknik özellikler Tablo 6.1 ' de görülmektedir.

Tablo 6.1. Yük hücresi teknik özellikleri

Maksimum kapasite (E_{max})	kg	20000
Toplam hata	%	≤ ±0.5
Minimum yük	$\%E_{max}$	0
Aşırı yükleme kapasitesi	$\%E_{max}$	150
Kırılma kapasitesi	$\%E_{max}$	300
Maksimum uyaRM gerilimi (U_{max})	V	10
Kazanç (C_n)	mV/V	1
Yüksüz çıkış	$\%C_n$	≤ ±2.0
Giriş direnci	Ω	380
Çıkış direnci	Ω	350
İzolasyon direnci	MΩ	≥500
Düzeltilmiş çalışma sıcaklığı aralığı	°C	-10...+40
Çalışma sıcaklığı aralığı	°C	-40...+80
Yük Hücresi malzemesi		Çelik
Koruma sınıfı (EN60529 standartlarına göre)		IP66
Kablo boyu	m	5
Kablo dış çapı	mm	5
Ağırlık	kg	9.7
Paket ebatları / ağırlığı	cm / kg	32x34x15 / 10.2

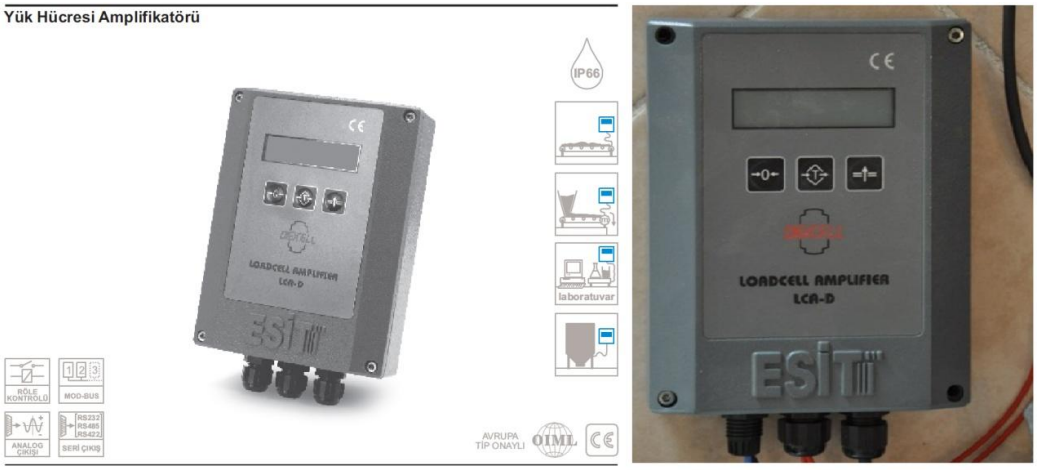
Geliştirilen makine tasarımına uygun olarak yerleştirilen çeki sisteminde yük hücresi Şekil 6.5.'de gösterildiği gibi kapalı bağlantı sistemi içerisinde yer alır.



Şekil 6.5. Yük hücresi ve çeki sisteminde konumu

6.3.1.1. Yük Hücresi Amplifikatörü

Yük hücresi amplifikatörleri, yük hücresi çıkışlarını uzaktan izleme olanağını sağlayan bir ölçme cihazıdır. Yük hücreleri ile tartılan bir veya birden fazla ünitenin ağırlığını amplifikatörlerden okumak veya uzaktaki bir bilgisayardan izleyerek kontrol etmek mümkündür. Sistem için seçilen amplifikatörün (LCA-D) en önemli özelliği bilgisayar veya PLC ile izlenebilir ve programlanabilir olmasıdır. Bu amplifikatörün kutusu endüstriyel ortamlar için tasarlanmış alüminyum döküm olduğundan tozlu, nemli ve korozif çevre şartlarına dayanıklıdır (Şekil 6.6). Yük hücresi ve amplifikatör sistemi 10 kg hassasiyet ile ölçüm yapmaktadır.



Şekil 6.6. Yük hücresi amplifikatörü

6.3.2. Eğim Sensörü

Otomasyon sistemi için seçilen eğim sensörü de endüstriyel bir üründür. Bu eğim sensörüne ait teknik özellikler Tablo 6.2' de sunulmuştur.

Tablo 6.2. Eğim sensörü teknik özellikleri

Technical data / Teknik bilgiler

General specifications / Genel Özellikler		
Type / Tip		Inclination sensor / Eğim sensörü,
Measurement range	/ Ölçüm aralığı	0 ... 360 °
Absolute accuracy	/ Kesin doğruluk	≤ ± 0.5 °
Response delay	/ Yanıt gecikmesi	≤ 25 ms
Resolution	/ Kararlılık	≤ 0.1 °
Repeat accuracy	/ Tekrarlanan doğruluk	≤ ± 0.1 °
Temperature influence	/ Sıcaklık etkisi	≤ 0.027 °/K
Electrical specifications	/ Elektriksel Özellikler	
Operating voltage	/ Opr. Voltajı U_B	10 ... 30 V DC
Analog output	/ Analog çıkış	
Output type	/ Çıkış tipi	4 ... 20 mA

Analog 4-20 mA çıkış veren eğim sensörü kürek üzerinde montaj edilmiştir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. Eğim sensörü montajı

6.3.3. Sınır Anahtarları

Sınır anahtarları, mekanik temas ile konumu değişen kontak mekanizması ve temas etkisinin ortadan kalkmasıyla anahtarın eski halini almasını sağlayan yay mekanizmasından oluşur. Sınır anahtarlar sistemde normalde açık yada normalde kapalı kontak olarak görev yaparlar. Bu sistemde Şekil 6.8' de yeri gösterilen iki adet sınır anahtar mevcuttur ve normalde kapalıdır. Temas anında kontak açılır ve üzerinden geçen sinyal geçişi kesilir. Böylece sistem otomatik olarak durur. Eğer sınır anahtar herhangi bir sebepten dolayı hasar görürse sistem hiç çalışmaz. Sorunun sınır anahtarlardan kaynaklandığı sigorta kontrol panelinden anlaşılabilir.



Şekil 6.8. Sınır anahtarları montajı

6.3.4. Butonlar

Otomasyon sistemi operatör panelinde 6 adet giriş butonu mevcuttur. Bu 6 buton:

- Kürek eğim sağa hareket
- Kürek eğim sola hareket
- Yol durumu
- Operasyon durumu
- Otomasyon sistemi reset
- Start/stop butonu

6.3.5. Anahtarlar

Otomasyon sistemi operatör panelinde iki adet anahtar bulunmaktadır. Bu anahtarlardan eğim ile ilgili olan iki konumlu, çeki otomasyon sistemi ile ilgili olan ise 3 konumludur. Bu giriş anahtarları ile ilgili detaylar operatör paneli bölümünde açıklanmıştır.

6.4. Otomasyon Sistemi Çıkışları

Otomasyon sistemi çıkışları ile makine kontrolü ve operatör için bilgi akışı sağlanır. PLC analog ve sayısal çıkışları ilgili yazılım ile anlamlı hale getirilir. PLC çıkış sinyalleri bir sistemi enerjilendirmek için kullanılamaz bu nedenle analog çıkışlar sinyal dönüştürücüleri ile değerlendirilirler. Sayısal çıkışlar ise röle ve kontaktörler vasıtasıyla ile değerlendirilirler.

PLC çıkış sinyalleri gibi küçük değerli bir akımın elektromanyetik alan etkisini mekanik harekete dönüştüren ve bu sayede anahtarlama işlemini gerçekleştiren elemanlara röle denir. Selenoid valfler, lazer kontrol sistemi girişleri, lambalar ve siren röle ile kontrol edilmiştir. Aşağıda detayları verildiği üzere, sistemimizde 10 adet röle kullanılmıştır.

6.4.1. Selenoid Valfler

Sistemde iki adet selenoid valf kullanılmıştır. Mekanik hareketler bu iki selenoid valfin enerjilendirilmesi ile sağlanır. Selenoid valfler 24V ve 12V gerilim beslemelidir. 24 V beslemeli NG10 valfi darbeli sinyal ile kontrol edilmekte ve eğim dengeleme hidrolik silindirlerini hareket ettirmektedir. Bu nedenle eğim dengeleme selenoid valfi için 2 adet röle gereklidir. 12 V beslemeli olan NG6 selenoid valfi ise küreği PIC kartı kontrolü ile aşağı ve yukarı hareket ettirmektedir.

6.4.2. Lazer Kontrol Sistemi

PIC (Peripheral Interface Controller) günümüzde oldukça çok tercih edilen denetleyici ara birimdir. Mevcut makinenin otomasyon kontrol sistemi PIC kartı ile ve operatör tarafından ise joystick ile yönetilmektedir (Şekil 6.9). Joystick 4 yönlü bir anahtardır. Bu 4 anahtarlama işlemi sistemimizde PLC için birer çıkıştır. Bu sayede PLC makineyi Lazer kontrol sistemi ile birlikte PIC kartı üzerinden kontrol eder.



Şekil 6.9. Lazer sistemi operatör paneli

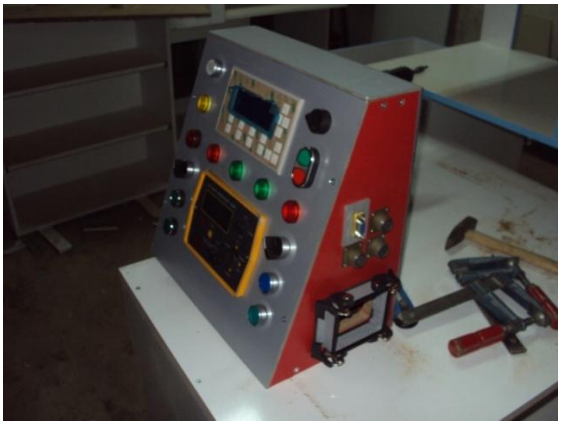
PIC kartının çeki kontrol sistemi tarafından PLC ile kontrolü için 4 adet röle kullanılır.

6.4.3 Lambalar

Operatör panelinde 1 siren ve 5 lamba mevcuttur. Siren için 1 adet, eğim ve lazer sinyali yeşil kırmızı lambaları için 2 adet ve program çalışıyor lambası için 1 adet olmak üzere 4 adet röle kullanılır.

6.5. Otomasyon Sistemi Operatör Paneli

Makinenin operatör tarafından ergonomik kullanımı ve makine otomasyon sistemi gereksinimleri için uygun bir operatör paneli tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu panel CATIA ile tasarlanmıştır (Şekil 6.10 ve Şekil 6.11).



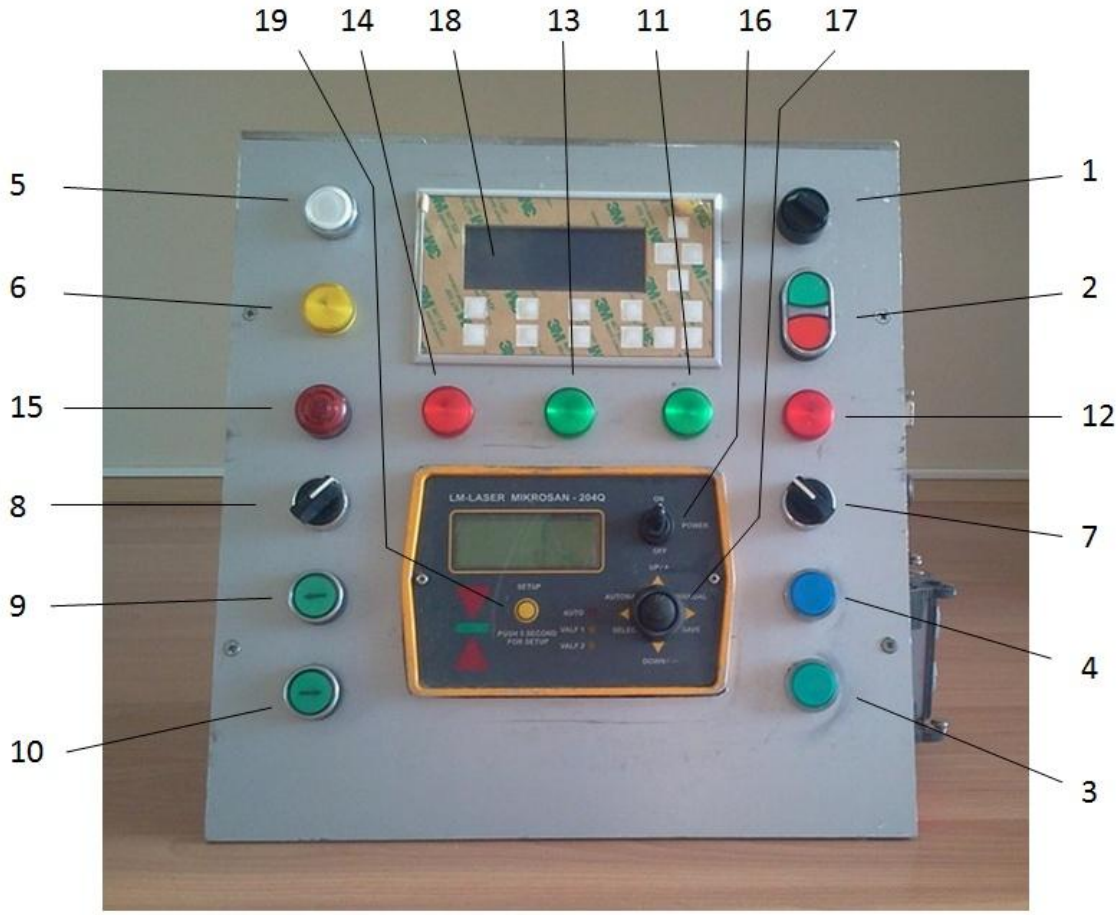
Şekil 6.10. Operatör paneli



Şekil 6.11. Operatör paneli elektrik bağlantıları

Operatör panelinin üretimi, panel elemanlarının montajı ve kablo bağlantılarının tamamlanması ile hazırlanmıştır. Operatör paneli öncelikle lazer sinyalini değerlendiren, PIC kartı içeren alt otomasyon sistemini içerir. Makine ile ilgili verilerin girildiği ve sensörlerden gelen değerlerin okunduğu PLC haberleşme ara yüzü de bu panelde yer alır. Tesviye işlemi sırasında operatör; PLC haberleşme paneli yerine operatör panelinde yer alan butonları kullanır. Bu butonlar toz, titreşim ve bunun gibi dış etkilere karşı oldukça dayanıklı ve daha ergonomik endüstriyel ürünlerdir. Operatör

panelindeki butonlar, ikaz lambaları işlem gereksinimlerine ve operatör işlem ergonomisine uygun olarak konumlandırılmıştır (Şekil 6.12).



Şekil 6.12. Operatör Paneli

Operatör Paneli Elemanları ve Görevleri (Şekil 6.12):

1-Enerji Anahtarı: Tüm otomasyon sistemi enerji hattı bu anahtar ile kontrol edilir.

2-PLC Program Start/Stop: PLC sistem için hazırlanmış program çalıştırılır ve durdurulur.

3-Tesviye İşlemi Başla: Bu buton çekici-yük otomasyon sistemi için görevlidir. Seçilmiş işlemler için başla butonudur. Buton basılı tutulduğu sürece kürek aşağı hareket eder. Operasyon durumu.

4-Tesviye İşlemi Dur: Bu buton çekici-yük otomasyon sistemi için görevlidir.Bu butona basıldığında otomatik- çeki sistemlerinin çalışması durdurulur ve basılı tutulduğu sürece kürek yukarıya hareket eder. Yol durumu.

5-PLC Program Reset: Operatör haberleşme paneli(18) ile girilen maksimum çeki kuvveti, eğim değeri ve sistem darbe süreleri makine için belirlenmiş değerlere geri döner.

6-Program Çalışıyor İkaz Lambası: Bu lamba PLC programının çalıştığını gösterir.

7-Yük Hücresi Çeki Otomasyon Anahtarı: Bu anahtar üç konuma sahiptir. sol konum: otomatik çeki opsiyonu, orta konum operatör kontrolü, sağ konum: maksimum yük çeki opsiyonudur.

8-Eğim Dengeleme Otomasyon Sistemi Anahtarı: Bu anahtar iki konuma sahiptir. sol konum: otomatik mod, sağ konum: operatör kontrolüdür.

9-Kürek Sol Eğim Açı Butonu: Kürek operatör kontrolünde sola eğim yapar.

10- Kürek Sağ Eğim Açı Butonu: Kürek operatör kontrolünde sağa eğim yapar.

11-Eğim Yeşil Lamba: Bu lamba, eğim sistemi otomatik modu seçili olduğunda kürek istenilen açı tolerans değeri aralığında olduğunda aktiftir.

12-Eğim Kırmızı Lamba: Bu lamba, eğim sistemi otomatik modu seçili olduğunda kürek istenilen açı tolerans değeri aralığında olmadığında ve eğim sistemi operatör kontrolü seçili olduğunda aktiftir.

13-Çeki Otomasyon Sistemi Yeşil Lamba: Çeki otomasyon sistemi, operatör panelinden girilen maksimum çeki kuvvet değerinden küçük bir kuvvet değerine maruz kalmadığın aktif olur.

14- Çeki Otomasyon Sistemi Kırmızı Lamba: Çeki otomasyon sistemi, operatör panelinden girilen maksimum kuvvet değerini aşan bir kuvvet değerine maruz kaldığında aktif olur.

15-Kırmızı Flaşör ve Siren: Maksimum çeki kuvveti koruma programı operatör uyarı elemanıdır. Çekici-yük otomasyon sistemi ve eğim dengeleme sistemlerinden bağımsızdır. 30 kN çeki kuvveti üzerine çıkıldığında ve 4' nolu butona basılmadığı sürece aktif haldedir.

16-Lazer Kontrol Sistemi Enerji Anahtarı: Lazer sinyali alıcı sistemini enerjilendirir. Bu anahtar açılmaz ise kürek aşağı yukarı hareket etmez.

17- Lazer Kontrol Sistemi Kumanda Butonu: Bu 4 yönlü bir anahtardır. Yukarı yönde hareket ettirildiğinde kürek yukarı, aşağı hareket ettirildiğinde kürek aşağıya hareket eder. Sola hareket ettirildiğinde lazer sinyal sistemi devre dışıdır. Sağa hareket ettirildiğinde lazer otomatik kontrol sistemi çalışır.

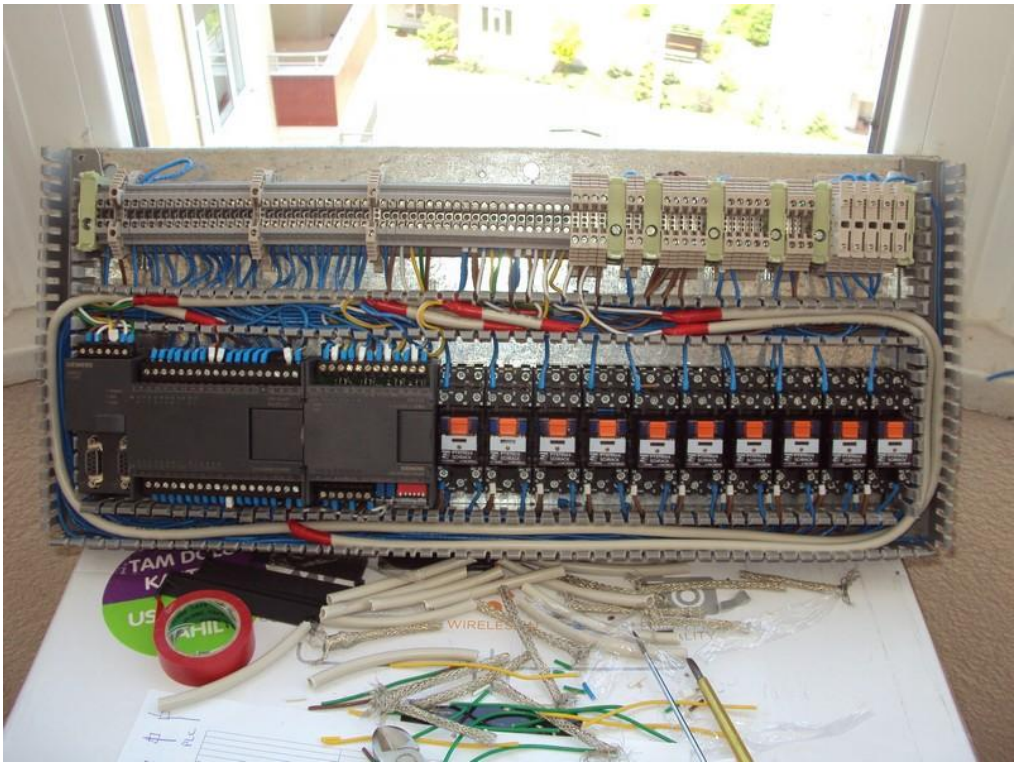
18-Haberleşme Paneli: Bu panel makine ile ilgili bilgilerin gözlemlendiği ve ilgili değerlerin girildiği dokunmatik 4 satırlı PLC ile haberleşen paneldir.

19-Lazer Sistem Ayar Butonu: Lazer otomatik sistemi için aşağı yukarı hidrolik silindir darbe süresi belirlenir.

6.6. Elektrik Sistemi

Otomasyon sistemi 12 V gerilim ile beslenmektedir. Otomasyon sistemi için 12V DC gerilim 24V DC gerilime dönüştürülmüştür. Elektrik besleme sistemi 2 mm lik çok damarlı kablolar ile gerçekleştirilmiştir. Sinyal kabloları ise 1 mm lik kablolardır.

Otomasyon panosu PLC, röleler, klemensler, cam sigortalar ve kablo kanallarından oluşmaktadır (Şekil 6.13).



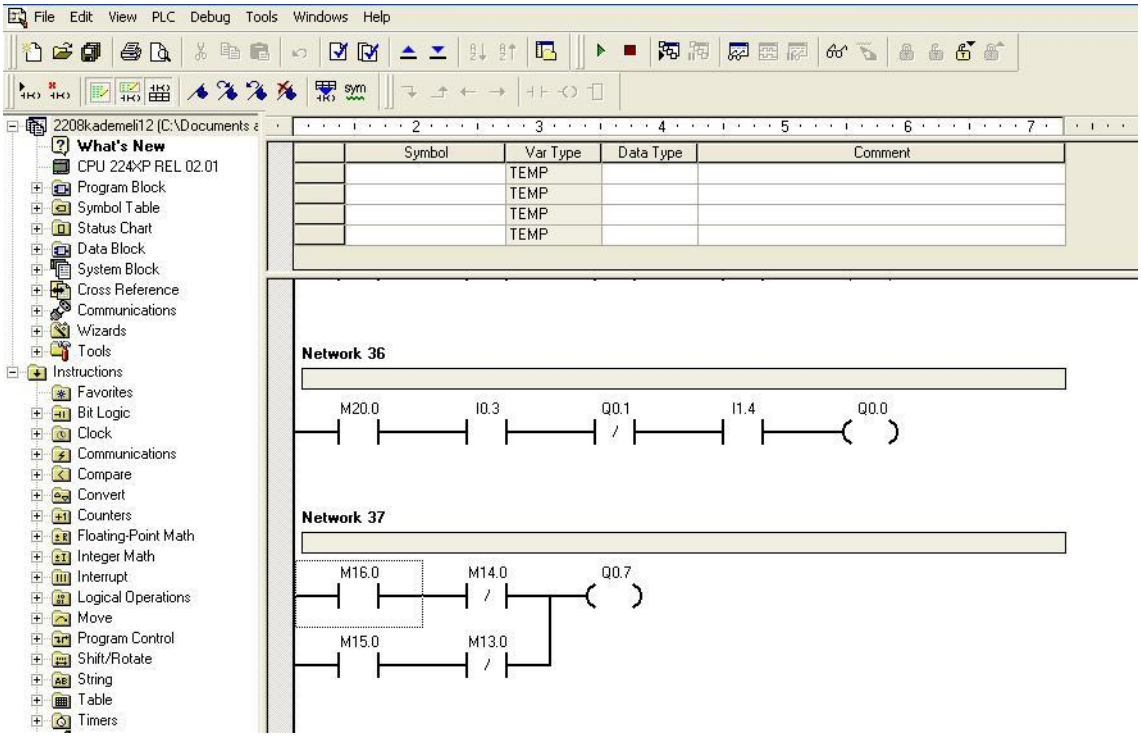
Şekil 6.13. Otomasyon panosu

Kabloların makinenin operasyonu esnasında zarar görmemesi amacı ile tasarımda spiral hortumlar kullanılmıştır. Spiral hortum düzenlemesinden sonra kablo bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca otomasyon panosu sac bir kutu içerisinde yer alır. Pano kablo bağlantıları kablo toplama bölümünde birleştirilir. Bu bölüm panolar üzerinde makineden 1.0 metre uzaklıkta çalışma imkanı sunar.

6.7. Otomasyon Sistemi Program Algoritması

Geliştirilen lazer kontrollü tesviye makinesi operasyon sırasında yol ve operasyon olmak üzere iki durumda çalışır. Bu iki seçenek çekici yük otomasyon sistemi ile ilgilidir. Aşağıda bu iki sistem için geliştirilen ve yazılan algoritmalar anlatılacaktır. Algoritma akış diyagramlarında operatör panelinin ilgili buton, panel yada lambaları Şekil 6.12'de görülen numaralar ile belirtilecektir.

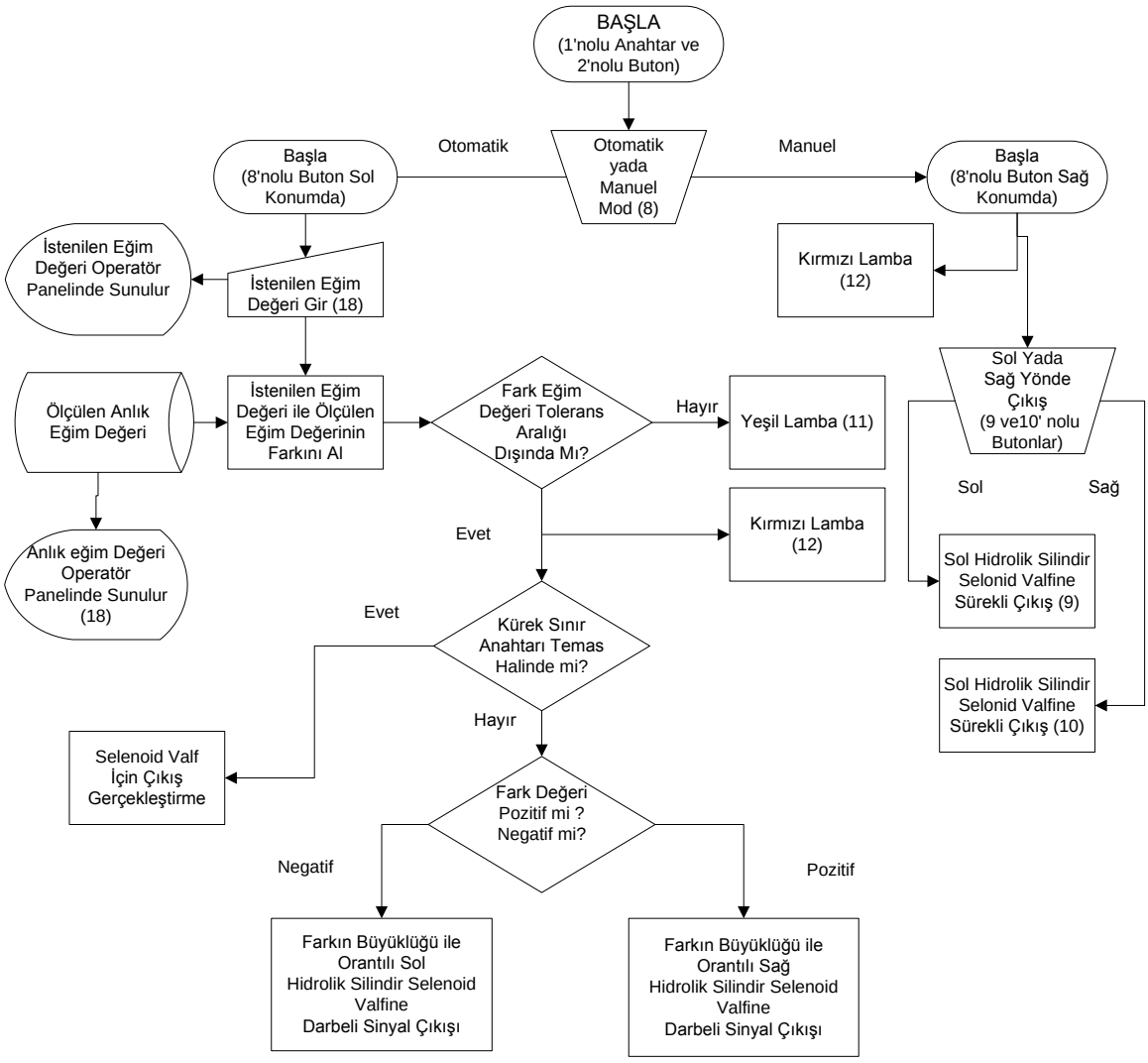
Otomasyon sistemi yazılımı, siemens S7-200 PLC' nin yazılım arayüzü olan Step7 MicroWin programı ile gerçekleştirilmiştir. Algoritması oluşturulan otomasyon sistemi yazılımı LADDER diyagramları ile oluşturulmuştur. Örnek bir LADDER diyagramı Şekil 6.14'te gösterilmektedir.



Şekil 6.14. Ladder diyagramı

6.7.1. Kürek Eğim Dengeleme Otomasyon Sistemi

Kürek eğim dengeleme otomasyon sistemi algoritması tasarlanmış ve yazılım bu algoritmayı sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Kürek Eğim Dengeleme Otomasyon Sistemi PLC Programı algoritması akış diyagramı Şekil 6.15' te görülmektedir.

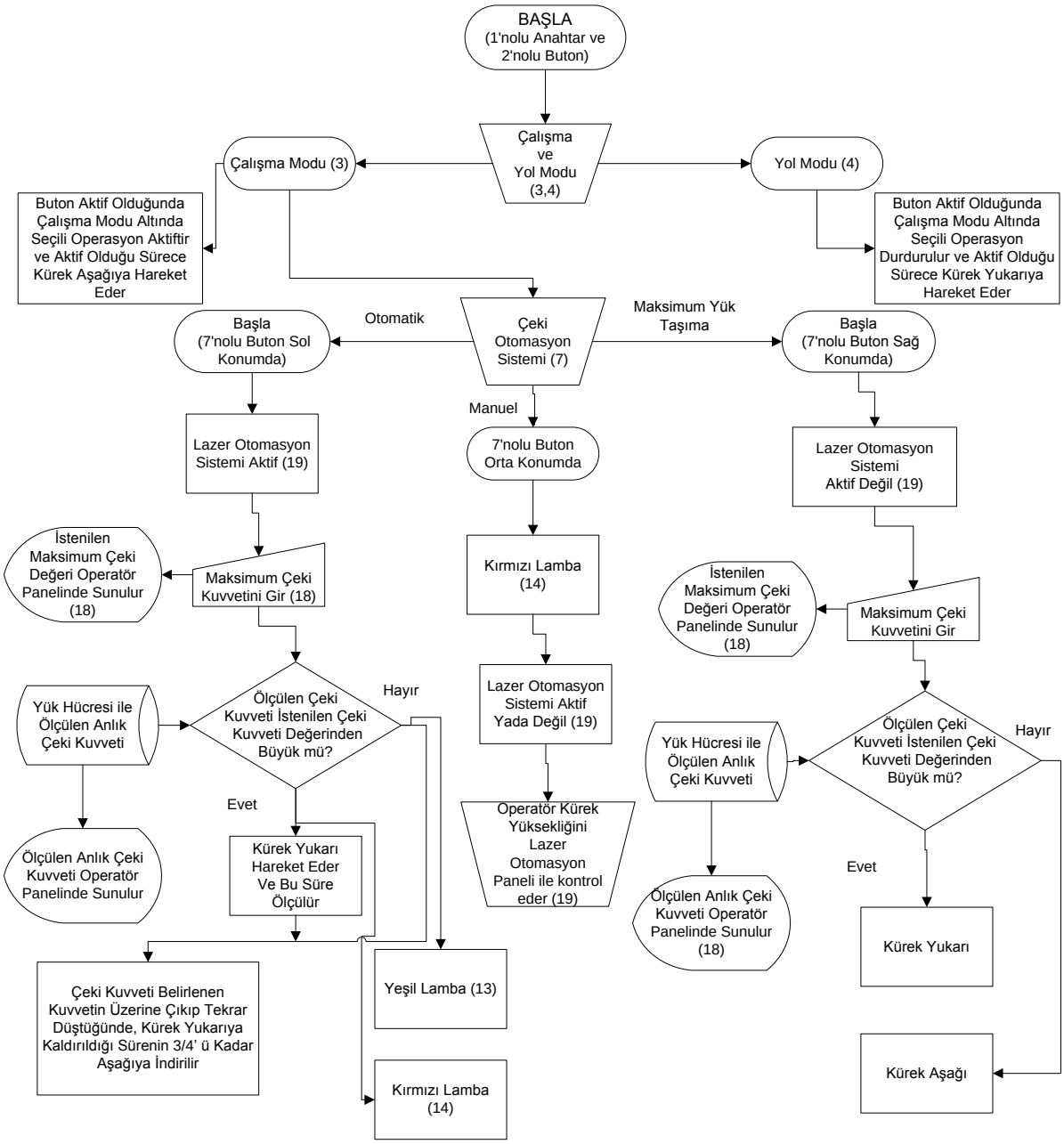


Şekil 6.15. Kürek eğim dengeleme otomasyon sistemi PLC programı algoritması akış diyagramı

6.7.2. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi

Zemin tesviye işleminde kod farkının yüksek değerde olduğu tesviye işlemi alanlarında taşıma işlemi oldukça fazladır. Kod farkını en kısa sürede azaltmak amacıyla kodu yüksek olan bölgeye giderken kürek zemine temas ettirilmez. Buna yol pozisyonu denir. Kod değerinin düşük olduğu bölümde ise zemine temas vardır ve buna da operasyon durumu denir. Kod farkı azaldığında sürekli operasyon durumunda işleme

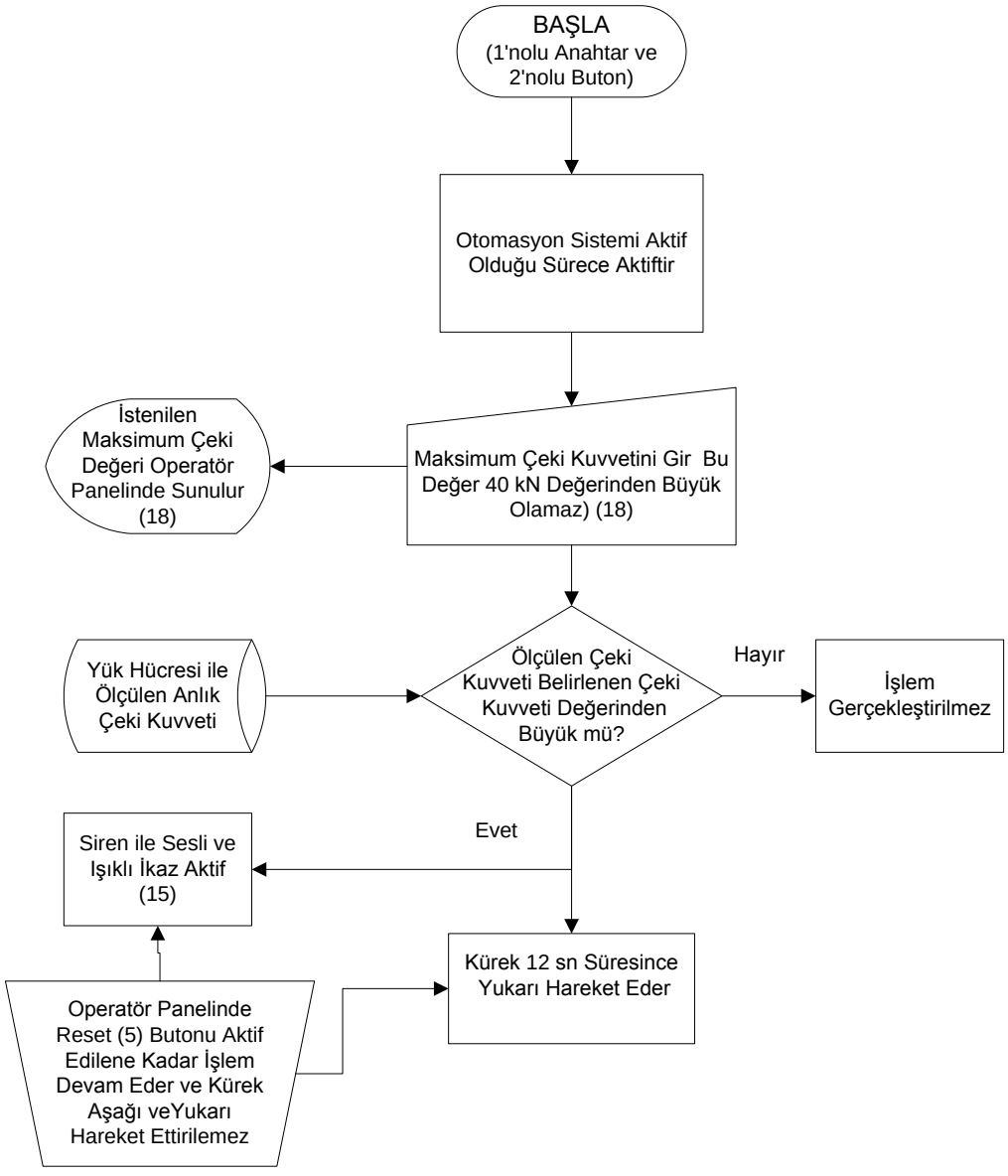
devam edilir. Yol ve operasyon durumları ile çalışma zemin tesviye işlemini daha verimli gerçekleştirmenin gereğidir. Ek olarak yol durumu ulaşım için de gereklidir. Tesviye küreği yol pozisyonunda iken maksimum yük koruma sistemi ve eğim dengeleme sistemi hariç tüm programlar kapalıdır ve algoritma bu duruma göre oluşturulmuştur (Şekil 6.16).



Şekil 6.16. Çeki kuvveti otomasyon sistemi PLC programı algoritmasi akış diyagramı

6.7.3. Maksimum Yük Koruma Otomasyon Sistemi

Küreğin kendisini hasara uğratacak yüklere maruz kalmaması açısından emniyetli yüklerde çalışması öncelikli hedeflerdendir. Bu amaçla Şekil 6.17.'de görülen akış diyagramı PLC programı ile kodlanmış ve sistem koruma altına alınmıştır.



Şekil 6.17. Maksimum yük - koruma sistemi PLC programı akış diyagramı

BÖLÜM 7

GELİŞTİRİLEN LAZER KONTROLLÜ TESVİYE MAKİNESİ OPERASYON TESTLERİ

Tasarımı geliştirilen yeni lazer kontrollü tesviye makinesi yalnızca arazi koşullarında değil karayollarında da güvenle yolculuk edebilecek şekilde tasarlanmış olup çalışacağı yere nakli için ayrıca bir karayolu taşıtına ihtiyaç duymamaktadır (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesinin çekici ile karayolunda hareketi

Makinenin test edilmesi amacı ile öncelikle farklı zemin yapılarına sahip farklı alanlarda tesviye işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca makinenin geliştirilen tasarımının, mevcut tasarımı ile karşılaştırılması testleri ise benzer zemin koşullarına sahip (yüzey profili, eğim ve sertlik) aynı büyüklükte farklı iki alanda gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen lazer kontrollü zemin tesviye makinesi, lazer sinyal vericisi tarafından yayılan lazer sinyali ile başarılı olarak çalışmaktadır. Lazer sinyali makinenin kürek yükseklik değerini belirlemektedir. Lazer sinyal vericisi 400 m çapında bir alanda kendi aküsünden aldığı enerji ile 600 dev/dak. ile dairesel sinyal yaymaktadır. Makine üzerinde yer alan ve yüksekliği değiştirilebilen sinyal alıcı tarafından alınan sinyal başarılı bir biçimde değerlendirilmektedir (Şekil 7.2). Ayrıca çekici tarafından tahrik edilen makinede hidrolik sistem basınçları, yağ sıcaklığı ve yağ seviyesi operatör tarafından görülebilir konumdadır (Şekil 7.3). Böylece operatör göstergelerde meydana gelecek değişiklikleri inceleyerek makinenin optimum şartlarda kullanımını sağlayabilmektedir.



Şekil 7.2. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi - lazer sinyali ile çalışma



Şekil 7.3. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi operatör görüş açısı

7.1. Çeki Kuvveti Otomasyon Sistemi ve Ölçümler

Yük hücresi sistemi tasarım hedefine uygun olarak, geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesine çeki kuvveti uygulanması durumunda çeki kuvveti eksenini Şekil 7.4' te gösterilen hareketli mafsal bağlantısı ile izler. Bu sayede anlık gerçek çeki kuvveti ölçülür.



Şekil 7.4. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi hareketli çeki bağlantısı

Yeni kürek sistemi, tasarlanan yapısı ve çekici bağlantı açıları ile mevcut tasarımına göre, aynı çekici kapasitesi için, yaklaşık 1.3 kat daha fazla zemin malzemesi taşıyabilmektedir (Şekil 7.5). Ancak unutulmamalıdır ki taşınabilecek zemin malzemesi aynı zamanda çekici kapasitesi ile ilişkilidir. Mevcut (satın alınan) makine yalnızca yumuşak ve orta sertlikteki zeminlerde tesviye işlemi gerçekleştirebilirken, tasırımı geliştirilen makinenin sert zemin koşullarında da başarıyla tesviye işlemi yapabildiği gösterilmiştir (Şekil 7.6).



Şekil 7.5. Geliştirilen kürek tasarımı ile maksimum zemin malzemesi taşıma kabiliyeti



Şekil 7.6. Dolgu yapılmış malzeme içeren sert zeminde tesviye işlemi

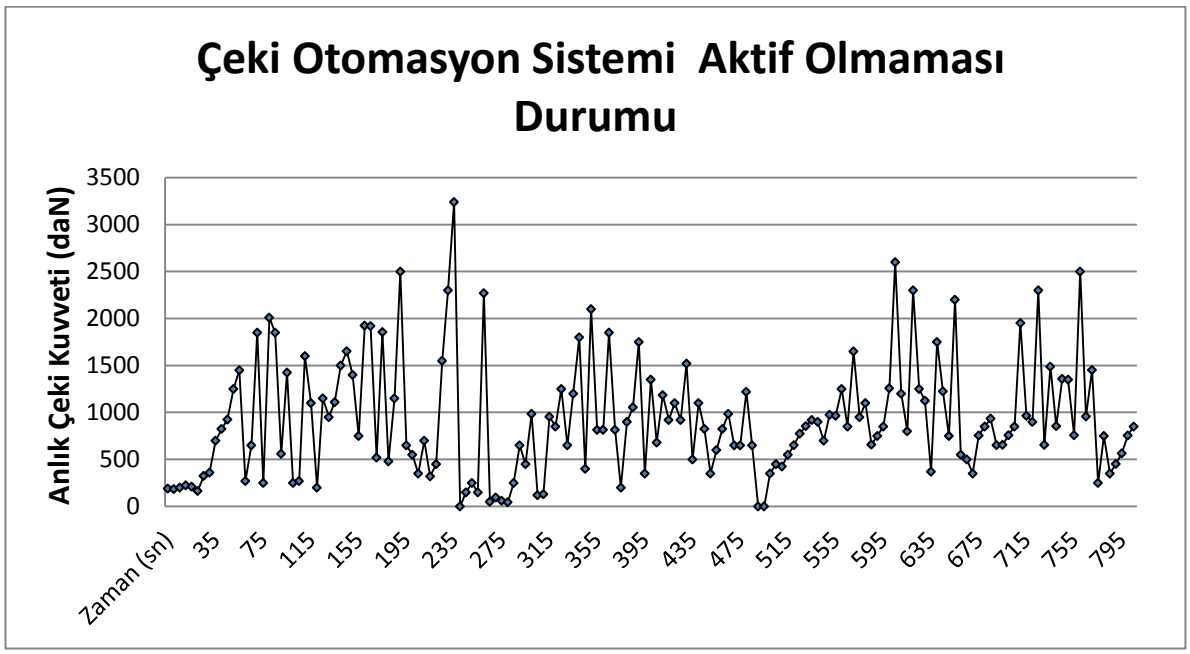
Makine yüksek yoğunluklu toz içeren ortamda, yüksek ortam sıcaklığında ve yağışlı havalarda çalışmaya uygundur. (Şekil 7.7).



Şekil 7.7. Yüksek yoğunluklu tozlu ortamda ve yüksek ortam sıcaklığında çalışma

Geliştirilen tesviye makinesinin genel testlerinin ardından, çeki kuvveti otomasyon sisteminin testlerine geçilmiştir. Öncelikle çeki kuvveti otomasyon sistemi aktif halde değilken (Şekil 6.12 deki panelde 7' nolu anahtar orta konumda) operatör kontrollü olarak zemin tesviyesi yapılmıştır. Yük hücresi ile bu çalışma şartlarında sürekli olarak çeki kuvveti değerleri ölçülmüş olup sonuçlar Şekil 7.8.de gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde çeki kuvveti, beklendiği gibi zemin yapısına bağlı olarak büyük değişimler göstermiştir. Artan ve anlık değişen çeki kuvveti değerleri malesef çekici hızını düşürmüş ve vites değişimi gerekli hale gelmiştir. Vites değişimlerinde ise sistemin üzerindeki yük değerinin büyüklüğü nedeniyle çekici her seferinde anlık olarak durmuştur. Dahası aşırı değişken zemin yapısında çalışma

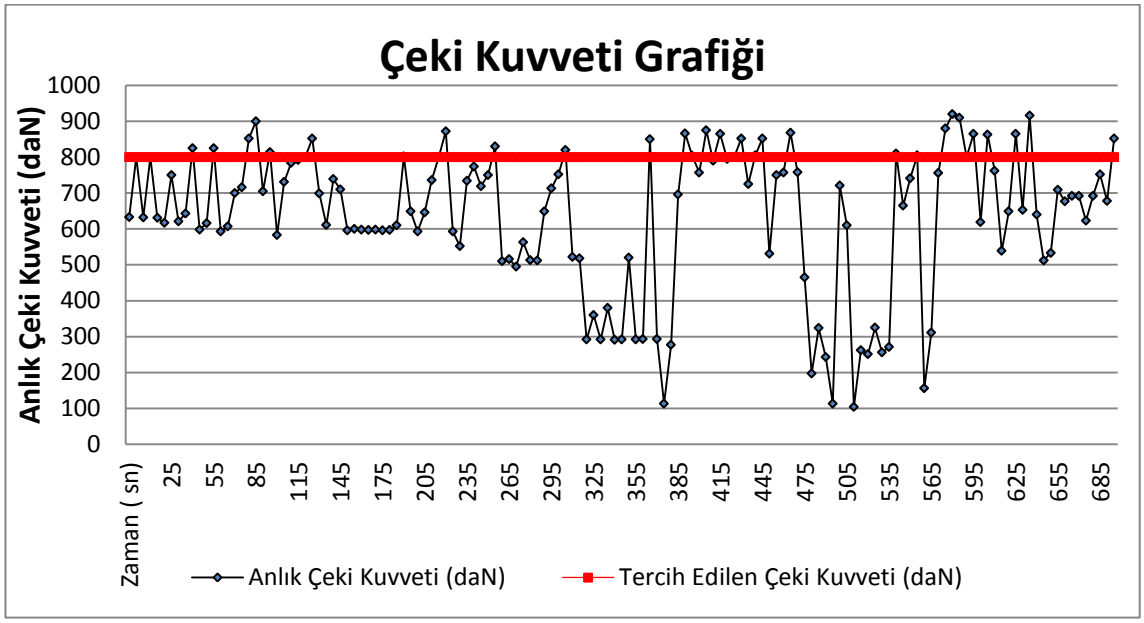
durumunda; anlık yükler çekicinin karşılayabileceği yüklerin üzerine çıkmış ve testler sırasında operatörün vites değiştirme fırsatı olmadan makine tamamen durmuştur. Çekicinin bu tarz aşırı yüklere maruz kalması arzu edilen bir durum değildir. Çünkü bu durum, makinenin hasara uğrama riskinin yanında aşırı yakıt tüketimine ve çekicinin gereksiz aşınmasına da yol açmaktadır. Otomasyon sistemi çalıştırılmadan yapılan deneylerde elde edilen çeki kuvveti grafiği Şekil 7.8' de görülmektedir. Grafiğin ortalama çeki kuvveti 9.25 kN' olmasına rağmen tesviye küreği bu kuvvetin çok çok üzerinde yüklere maruz kalmıştır. Yani yaklaşık 10 kN civarında bir sürekli yüke ihtiyaç duyulan zemin düzeltme işleminde darbeli yükleme oluşmuş ve maksimum çeki kuvveti 32.4 kN' a kadar ulaşmıştır. Mevcut yükler, gerekli ortalama yükün %224 üzerine kadar çıkmıştır.



Şekil 7.8. Çekici çeki kuvvet otomasyon sisteminin aktif olmadığı durum

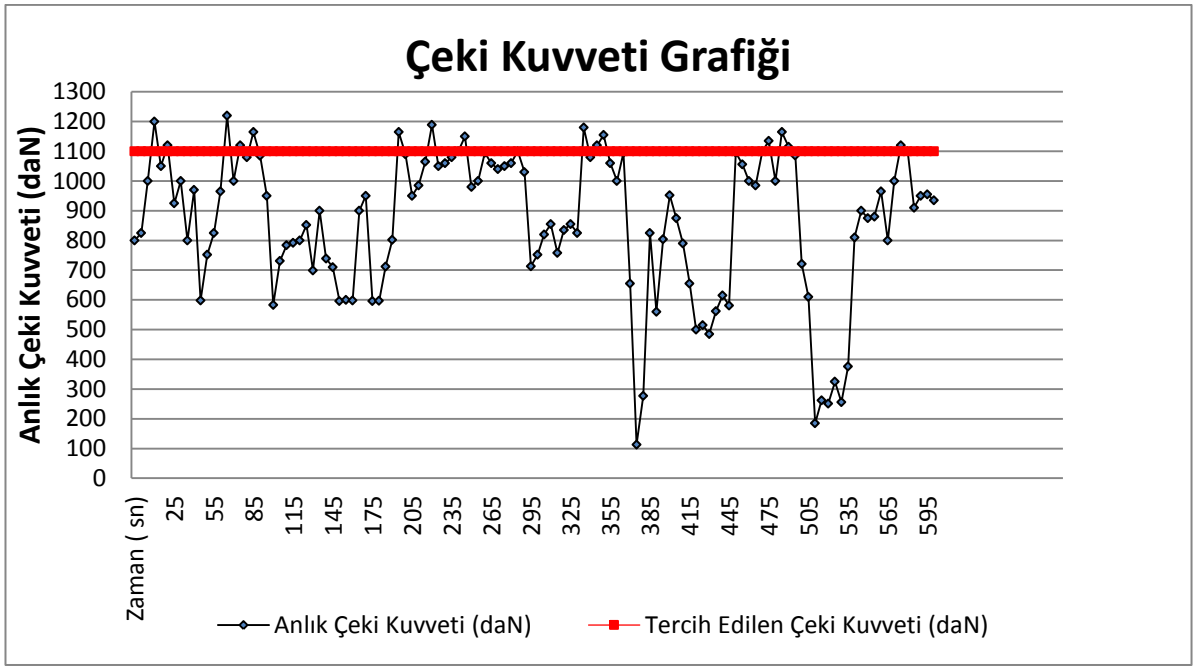
Bir sonraki aşamada zemin tesviye işlemi otomasyon sistemi aktif durumda (Şekil 6.12' deki panelde 7'nolu anahtar sol konumda) tekrarlanmıştır. Bölüm 4.2.3' te yapılan açıklamalar ışığında sistemin çalışma yükleri 11 kN ve 8 kN olarak belirlenmiş ve deneyler bu yük miktarlarının otomasyon sistemine girilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Şekil 7.9'da sisteme girilen 8 kN yük değerinin tüm işleme zamanı boyunca hemen hemen sabit kaldığı ve sisteme girilen maksimum yük değerinin çok az noktada kısa süreli olarak aşıldığı görülmektedir. Bu yük aşımının sebebi de otomasyon sistemi gecikmesi ile ilgilidir ve uygundur. Çünkü küreğin çok ani yukarı hareketi zeminde ek kanallar oluşturur. Bu aşma miktarı sistemin yük taşıma kapasitesi ile kıyaslandığında oldukça önemsizdir.



Şekil 7.9. Çekici çeki kuvveti otomasyon sisteminin aktif olduğu durum

Benzer deneyler çeki kuvvetinin 11 kN olması durumuna göre tekrarlanmış olup sonuçlar Şekil 7.10'da sunulmaktadır. Bu grafikte 11 kN yük değeri daha az noktada aşılmıştır. Bu durum yük değerinin fazla olması nedeniyle aşılma ihtimalinin daha az olması ile ve daha çok ta zemin yapısının etkisi ile açıklanır.



Şekil 7.10. Çeki kuvveti otomasyon sistemi aktif durum

7.2. Eğim Dengeleme Sistemi Operasyon Testleri

Geliştirilen lazer kontrollü tesviye küreği operatör panelinde girilen açı değeri ile otomatik olarak yada manuel olarak hareket ettirilebilir. Otomatik sistemde zemin durumuna göre zeminin eğimi değişirse kürek otomatik olarak yeni eğim durumuna göre kendini ayarlar ve ilk girilen açı değerine otomatik olarak gelir. Manuel durumda ise böylesi bir durum söz konusu değildir. Örneğin başlangıçta 8^0lik bir açı değeri girildiğinde bu açı değeri sabit kalamayacak ve zeminin eğim durumuna göre sürekli değişecektir. Önceden de açıklandığı gibi kürek eğim değeri $\pm$ 11^0 olacak şekilde tasarlanmış ve üretilmiştir. Her iki eğim değerini gösteren resimler Şekil 7.11 ve 7.12'de sunulmaktadır.



Şekil 7.11. -11^{o} Maksimum eğim hareketi



Şekil 7.12. +11^{o} Maksimum eğim hareketi

7.2.1. Operasyon Süresi

Çalışmanın bu aşamasındaki deneylerde, sistemin orijinal ve hiçbir yenilik olmaksızın çalıştırılması ile tüm otomasyon sistemlerinin aktif olması durumundaki operasyon süreleri ve yakıt tüketimi karşılaştırılmıştır. Mevcut sistemin özellikle küçük alanlarda oldukça başarısız olması sebebiyle, geliştirilen makinenin verimini daha net görmek amacıyla nispeten küçük bir çalışma alanı seçilmiştir. Benzer zemin yüzey profiline sahip (sertlik, eğim vs.) 25m x 25m boyutlarında iki çalışma alanı belirlenmiş ve tüm otomasyon sisteminin kontrol deneyleri bu alanlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.13 ve Şekil 7.14).



Şekil 7.13. Bölünmüş I. alan



Şekil 7.14. Bölünmüş II. alan

Öncelikle lazer kontrollü iş makinesi alıcı yüksekliği değiştirilerek zemin durumuna bağlı olarak kürek kod değeri belirlenmiştir. Ardından otomasyon sisteminin aktif olmadığı I. alanda tesviye işlemi başlatılmıştır (Şekil 7.15). Bu çalışma durumunda makine karşılaştığı yükleri değerlendirmemekte ve yalnızca lazer sisteminden gelen sinyal ile hareket etmektedir. Bu nedenle ilerleme hızı değişiklikleri olmakta ve operatör tarafından hem vites hem kürek konumu değiştirme zorunluluğu meydana gelmektedir. Dahası bu çalışma alanında eğim dengeleme sistemi de aktif olmadığından özellikle dönüşlerde Şekil 7.16'da görülen kürek dalma hatası meydana gelmektedir. Bu hata tesviye hattından tekrarlı geçişlerde maksimum düzeye ulaşmaktadır (Şekil 7.17). Eğim dengeleme sisteminin çalışmaması, tüm operasyon boyunca makinenin çeki eksenine dik eğimden olumsuz etkilenmesine de yol açmaktadır (Şekil 7.18).



Şekil 7.15. I. Alanda tesviye işlemi



Şekil 7.16. Kürek dalma hatası



Şekil 7.17. Eğim dengeleme sisteminin aktif olmaması durumunda dalma hatası



Şekil 7.18. Kürek ilerleme yönününe dik yöndeki zemin eğiminden etkilenmektedir

Otomasyon sistemi pasif halde iken tüm operasyon tamamlanmış ve Şekil 7.19'da görülen yüzey elde edilmiştir. Bu yüzey oval bir çanak halinde olup arzu edilen kalitede değildir. Bu alandaki tesviye operasyonu 12.7 dakikada tamamlanmıştır.



Şekil 7.19. I. alan tesviye işlemi tamamlanmış

II numaralı alanda gerçekleştirilen operasyonda hem Eğim Dengeleme Sistemi hem de Çekici-Yük Otomasyon Sistemi aktif edilmiştir. Eşitlik açısından II. alanda da I. alanda olduğu gibi sadece tek yönde tesviye işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.20). Sistem otomatik olarak çalışacağından tesviye için çekici hızını ve kürek yük değerini seçmek mümkündür. Bu operasyonda 6 km/h çekici hızına karşılık 11 kN maksimum çeki kuvveti belirlenmiş ve sisteme girilmiştir. Makinenin otomasyon sistemi aktif olduğu için dönüşlerde dalma hatası meydana gelmemiştir (Şekil 7.21). Ayrıca dik çeki eksenine dik yöndeki eğimden etkilenme durumu da söz konusu olmadığından çeki ekseninde dalma kanalları da oluşmamıştır (Şekil 7.22).



Şekil 7.20. II. alanda zemin tesviye işlemi



Şekil 7.21. Otomasyon sistemi aktif halde iken dalma hatasının oluşmaması



Şekil 7.22. Lazer sinyali ile çalışma

Operasyon süresince çeki otomasyon sistemi gereği, girilen maksimum çeki yükü aşıldığında otomasyon sistemi küreği otomatik olarak yukarı kaldırmıştır. Kürek yukarı kalkarken lazer sistemi devreden çıkmakta ve operatör panelinde lazer sinyali ile ilerleme yapılmadığını gösteren kırmızı ışık yanmaktadır. Çeki kuvveti belirlenen maksimum çeki kuvveti değerinin altına düştüğünde kürek lazer kod değerini görecek kadar yeniden aşağı inmiş ve sistem lazer sinyali ile çalışmaya devam etmiştir. II. alanda gerçekleştirilen zemin tesviye işlemi kalitesinin daha iyi olduğu gözle bile fark edilmektedir. II nolu alanda tesviye işlemi 7.4 dakikada gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.23) ve böylece % 42'lik bir zaman tasarrufu sağlanmıştır. Otomasyon sisteminin çalışmaması durumunda çekiciden değişken yükler çekildiğinden (Şekil 7.8) yakıt sarfiyatı değişken ve ortalama olarak 11 lt/h 'tir. Ancak yükün Şekil 7.10'da gösterilen halde değişmesi durumunda hız da yaklaşık olarak sabit olacağından bu durumdaki yakıt sarfiyatı yaklaşık 8 lt/h'tir. Buna göre otomasyon sisteminin çalışmadığı durumda I numaralı test alanı için harcanan yakıt miktarı 2.3 lt iken II numaralı alan için gerekli

yakıt miktarı yalnızca 1 lt.dir. Böylece çalışmamızda kullanılan çekici tipi için 2 lt/da yakıt tasarrufu elde edilmiştir.

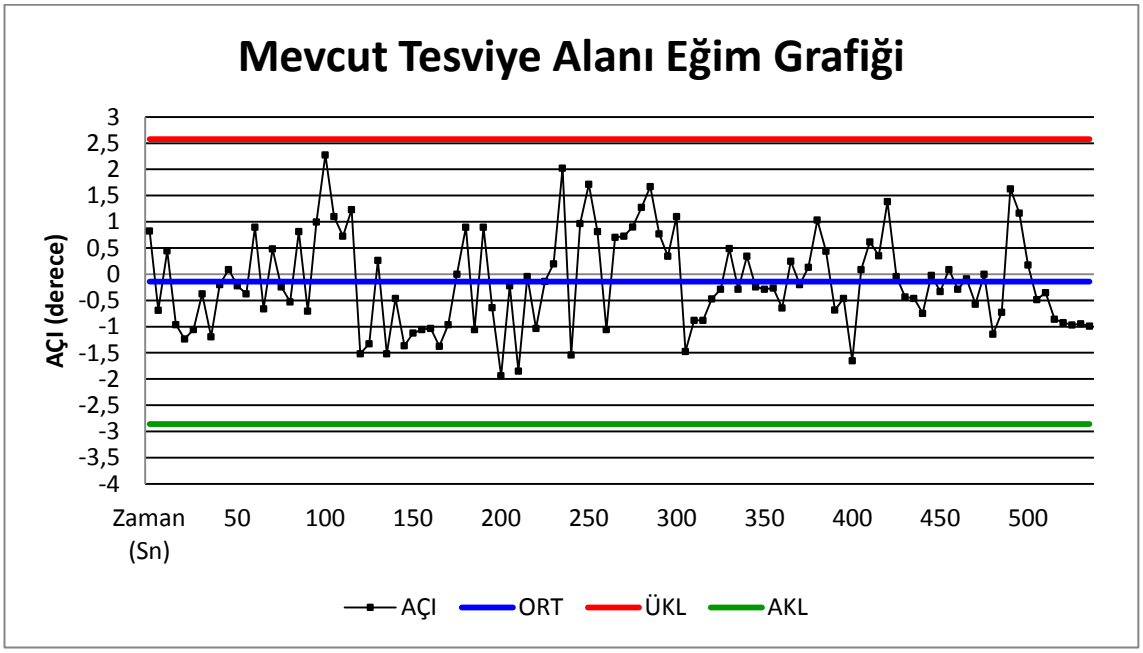


Şekil 7.23. II. Alan tesviye işlemi tamamlanmıştır

7.2.2. Tesviye İşlemi Başarısı

Eğim dengeleme sisteminin pek çok faydası olmakla birlikte öncelikli amaç küreğin operatör tarafından istenilen açıda hareket edebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Önceden de belirtildiği gibi bu durum öncelikle eni boyuna oranla ihmal edilebilir düzeyde olan (karayolları) çalışma alanlarında gereklidir. Böylece çok daha az çalışma saatinde daha düzgün yüzeylerin eldesi mümkün olabilecektir. Çalışmanın bu bölümünde tesviye makinesi yine otomasyon sistemi açık ve kapalı olarak iki farklı

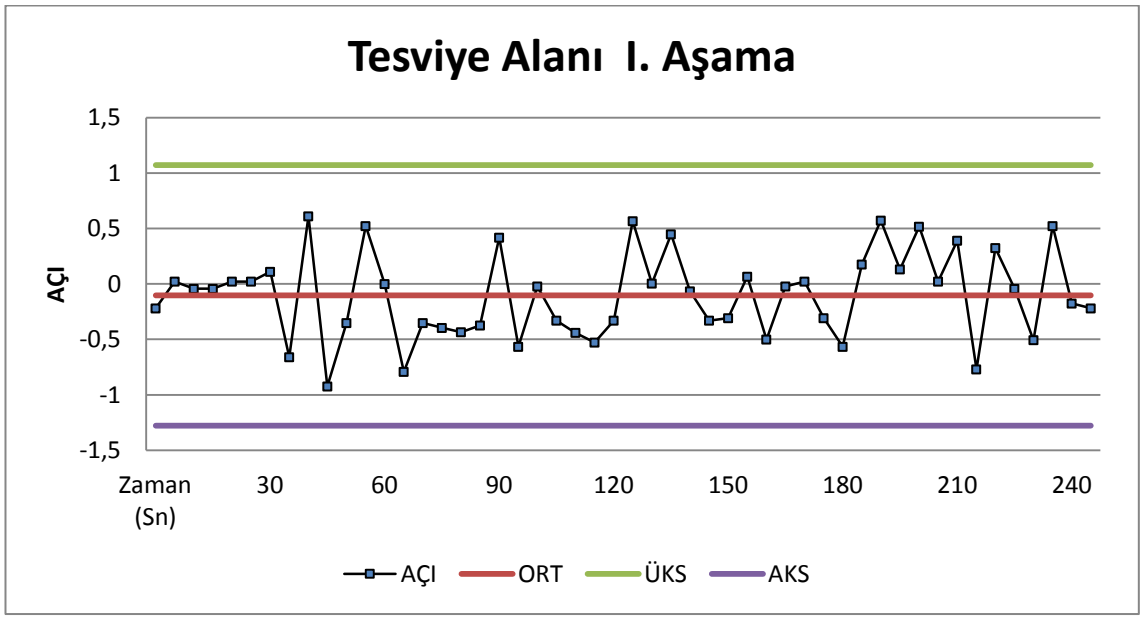
biçimde çalıştırılmıştır. Deneylerden önce eğim dengeleme sistemi pasif konumda iken eğim sensörü devreye sokularak mevcut yüzeyin eğim verileri kaydedilmiş ve böylece ilk kontrol grafiği elde edilmiştir (Şekil 7.24). Kontrol grafikleri belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen verilerin zamanla değişimini gösteren grafiklerdir. Bu grafikler bir tasarımın veya proses üzerinde gerçekleştirilen değişikliğin etkilerini değerlendirmede kullanılır. Kontrol grafikleri; alt kontrol sınır limiti (AKL) ve üst kontrol limiti (ÜKL) çizgileri ile sınır değerleri de belirtirler.Mevcut tesviye alanı eğim grafiği incelendiğinde küreğin 0^0 açısı için yüzeyin eğim salınımları görülmektedir. Yüzeyin, yatay pozisyonuna göre maksimum 2.5^0 civarında açı farklılığına sahip ve sürekli yüksek farklılıklarda açı değişimleri olan bir zemin olduğu anlaşılmaktadır.



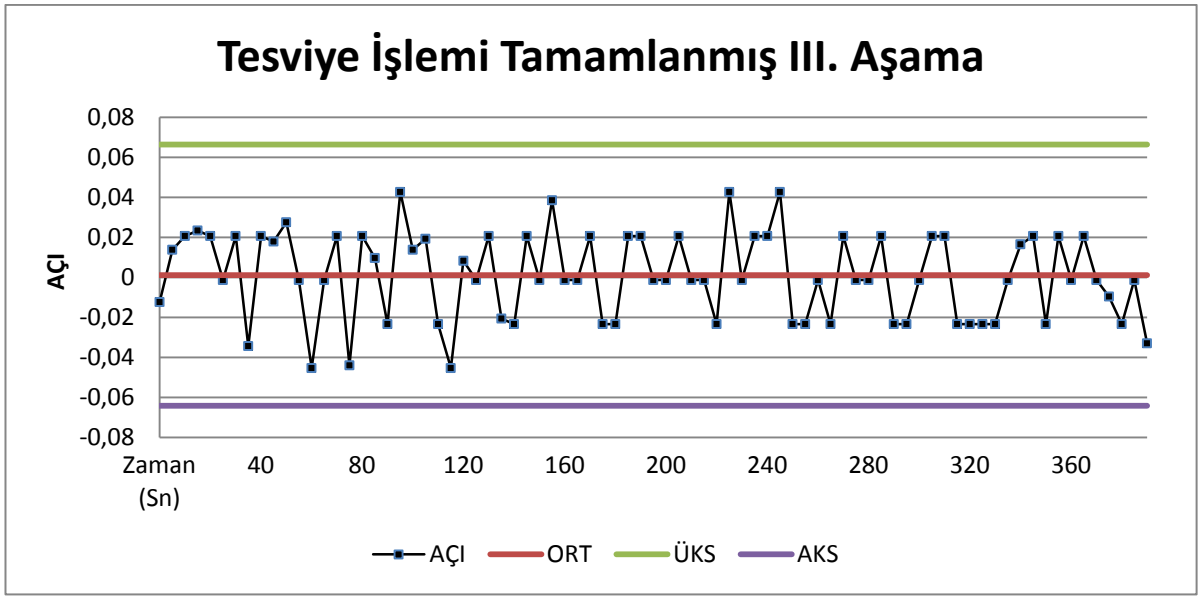
Şekil 7.24. Mevcut tesviye alanı eğim grafiği

Eğim grafiği elde edilen bu test alanında eğim dengeleme sisteminin aktif olması durumunda, tek yönde gerçekleştirilen tesviye işleminin I. aşamasında elde edilen grafik Şekil 7.25'te verilmektedir. Bu grafik incelendiğinde I. aşamada 2.5^0 civarındaki

maksimum eğim yaklaşık olarak 0.9^0 değerine düşmüştür. Her iki yöndeki (±) ortalama eğim değerleri ise bu değerin oldukça altında ve yaklaşık yarısı mertebelerindedir. Eğim dengeleme sisteminin aktif olduğu bu durumda arka arkaya 2 tesviye işlemi daha yapıldığında eğim değeri maksimum 0.05^0 ye kadar düşürülmüştür. Bu açı, ölçü olarak 1.36 mm.lik bir derinlik yada çıkıntı miktarına eşit bir eğim değeridir. Ortalama açı değeri 0.02^0 civarında olup bu değer zemin tesviyesi için oldukça iyi ve pratik olarak tam düz kabul edilecek bir mertebededir (Şekil 7.26).

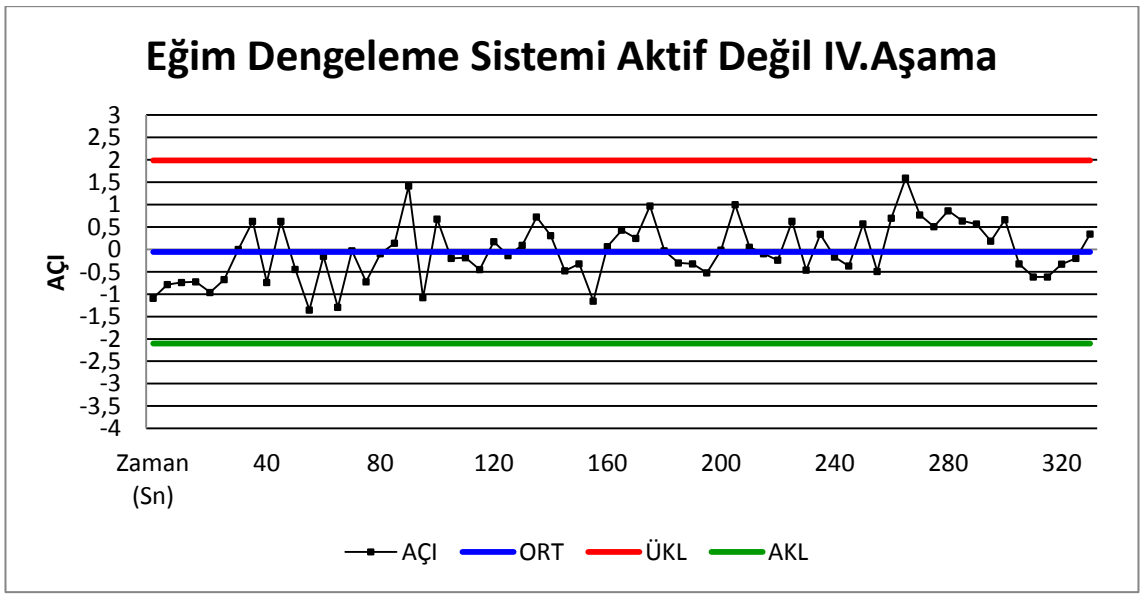


Şekil 7.25. Eğim dengeleme sistemi aktif I. aşama



Şekil 7.26. Eğim dengeleme sistemi aktif III. aşama grafiği

Eğim dengeleme sisteminin aktif olmadığı durumda gerçekleştirilen tesviye işleminde ise ardı ardına yapılan 4 tesviye işleminde dahi zemin eğiminin maksimum değeri 1.5^0 'nin altına düşmemiştir (Şekil 7.27).



Şekil 7.27. Eğim dengeleme sisteminin aktif olmaması durumunda eğim grafiği

Geliştirilen zemin tesviye makinesi eğim dengeleme sisteminin katkısı ile tek yönde tesviye işlemi yeterli olurken mevcut sistemde iki yönde tesviye işlemi yapmanın zorunlu olduğu Şekil 7.19' da görülen çanak tipi zemin durumundan da anlaşılmaktadır. Operasyon sürelerinin karşılaştırıldığı Bölüm 7.1'de yalnızca tek yönlü tesviye işlemleri karşılaştırılmıştır. Ancak hem Şekil 7.19 hem de zemin yüzey eğim sonuçları göstermektedir ki eğim dengeleme sistemi pasif halde iken çeki eksenine dik yönde bir tesviye operasyonu da zorunludur. Böylece işlem süresine 2. yöne ait tesviye zamanının da eklenmesi doğru olacaktır. Böylesi bir operasyon ilk tesviye süresinin yaklaşık yarısı kadar sürer ve total işleme zamanı 12.7 dakika değil 19 dakikadır. Yakıt tasarrufu ise dönüm başına yaklaşık 4 lt olur.

Elde edilen bu grafiklere ait test çalışmaları fotoğrafları makinenin operatörsüz çalışması sırasında elde edilmiştir. Operatörsüz çalışma: çekicinin sabit bir motor devrinde, sabit ilerleme hızında, operatörün makine ve çekiciye müdahale etmediği, geliştirilen lazer kontrollü iş makinesinin çekici ve eğim dengeleme sistemlerinin aktif olduğu lazer sinyali ile çalışmadır (Şekil 7.28-7.29).



Şekil 7.28. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi operatörsüz hareket etmektedir



Şekil 7.29. Geliştirilen lazer kontrollü iş makinesi ve otomasyonu ile hassas tesviye

7.2.3. Kanal Açma

Zemin tesviye makinesine eğim dengeleme sisteminin monte edilmesi, çalışmanın başlangıcında da hedeflendiği gibi, makinenin kanal açma operasyonlarını da yapabilir hale gelmesine sebep olmuştur. Sistemde kanal açma çalışması operatör panelinden seçilen açı değeri ile gerçekleştirilir. Bu işlemde lazer sinyali ve çekici-yük otomasyon sistemi isteğe göre aktif/pasif halde olabilir. Kürek eğimli pozisyonunda zemin malzemesini rulo biçiminde yüzeyinde ilerleterek önünde biriktirir. Kürek üzerinde zemin malzemesi sürekli akış halindedir. Bu durum daha az çeki gücü ihtiyacını gerektirir. Zemin malzemesinin kürek yüzeyine yapışmasının engellenmesi kürek yüzeyi ve başlangıçta seçilen açı değeri ile sağlanır (Şekil 7.30).



Şekil 7.30. Seçilen eğim değeri ile kanal açma işlemi

Lazer sinyali ile istenilen kod değerinde, istenilen açıda ve istenilen çeki kuvveti sınırları içerisinde otomatik kontrollü olarak şev açma çalışması başarı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.31).



Şekil 7. 31. İstenilen eğim değeri operatör panelinden girilir



Şekil 7.32. Geliştirilmiş lazer kontrollü tesviye makinesi ile şev açma çalışması

Tasarım geliştirme çalışmalarında da değinildiği üzere makine konstrüksiyonunda, kürek yan duvarlarına kuvvet etkimesi durumunda maksimum zorlanma hali oluşmaktadır. Kanal açma deneyleri sırasında otomasyon sisteminin gösterdiği en yüksek çeki kuvveti değeri 32 kN' dur ve kürek üzerinde hasar meydana gelmediği gözlemlenmiştir (Şekil 7.33).



Şekil 7.33. Kürek maksimum yükleme hali

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Günümüzde kullanılan iş makinelerine fonksiyonellik kazandırmak ve yeni teknolojilerin mevcut makineler üzerinde uygulamalarını gerçekleştirmek öncelikle mevcut sistemlerin değerlendirilmesi ile fayda sağlar. Gelişen her yeni teknoloji için mevcut sistemleri terk etmek ekonomik olarak mantıklı bir çözüm değildir.

Mevcut bir ürüne oranla bu ürünün işlev gereksinimlerine daha uygun bir ürünün elde edilmesini amaçlayan proses ürün geliştirme sürecidir. Bu süreç; bir ürünü kullanıcı açısından yararlı ve istenir, üretici açısından ise farklı ve karlı kılan özelliklerin belirlendiği süreçtir. Teknoloji stratejilerini, proje yönetimini, iş geliştirme, ekonomik analizler, yenilikçilik, yeniliklerin yaygınlaştırılması, katılımlı yönetim, ekip çalışması gibi konuları da kapsayan yeniden tasarım süreci pazarın ve müşterinin mevcut ürünle ilgili üreticiye geri bildirdiği bilgilerin değerlendirilmesiyle başlar. Bu bilgiler, müşterilerin ürünün kullanımında saptadıkları negatif bulgu ve şikayetler ya da kalite ve kullanımda avantaj sağlayacak pozitif öneriler olabilir. Ürün geliştirme süreci maliyet, kalite, hizmet ve hız gibi kritik ve güncel performans ölçümlerin de ciddi gelişmeler kaydetmek amacıyla sistemlerin radikal bir biçimde yeniden tasarlanmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çalışma mevcut lazer kontrollü zemin tesviye makinesinin geliştirilmesi ve otomasyonuna yöneliktir. Öncelikle tesviye işlemi-zemin ilişkisi ve mevcut lazer kontrollü tesviye makinesinin işlemi gerçekleştirme yöntemi ile başarısı incelenmiştir.

Tesviye işlemini olumsuz etkileyen en önemli iki etmen eğim dengesizlikleri ve belirsiz zemin yapısıdır. Mevcut lazer kontrollü zemin tesviye makinesi incelendiğinde

ise lazerli kontrol sisteminin başarı ile görev yapmasına karşılık, makine konstrüksiyonu eğim dengesizliklerinden etkilenmektedir. Ayrıca operasyon esnasında ani ve değişken yüklere maruz kalmaktadır. Mevcut sistem incelendiğinde tespit edilen hatalar ve olumsuzluklar şöyle sıralanabilir:

- Lazer kontrollü tesviye makinesi, istenilen bıçak kod değeri için otomatik kontrollü hareketini gerçekleştirmek amacı ile tüm kürek genişliği için lazer sinyalini bir noktadan almaktadır. Bu nedenle sinyal tüm küreğin bıçağını kontrol edememektedir.

- Makine kürek genişliği çekici gücü ve iş yapma kapasitesi ile ilgilidir. Seçilen kürek genişliği arttıkça sinyalin küreği temsil etme kabiliyetinin daha da azalacağı açıktır.

- Tesviye işlemi esnasında makinenin çeki eksenine dik doğrultuda eğime maruz kalmasından dolayı iki hata meydana gelmektedir. Bunlar; sinyal algılama hatası ve kürek dalma ile boş geçme hatalarıdır. Zemin yüzeyinde kanallar oluştururlar.

- Mevcut lazer kontrollü tesviye makinesi ile gerçekleştirilen tesviye işleminde çeki eksenine dik yöndeki eğim düzgünsüzlükleri içinde tesviye işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem minimum işlem süresinin 1,5 kat artması anlamına gelmekle birlikte, eni boyuna oranla ihmal edilebilir alanlarda imkansızdır.

- Mevcut lazer kontrollü zemin tesviye makinesi taşıyıcı sistemi zemin düzgünsüzlüklerinden etkilenmekte ve iki adet tekerleği ile zemin direncini arttırmaktadır.

- Zemin yapısına bağlı olarak mevcut sistemde çekici ani ve sürekli değişen çeki yüklerine maruz kalmaktadır. Bu durum yakıt sarfiyatını arttırmakta, işlem hızını azaltmakta ve gereksiz yüksek değerde yüklemelere maruz kalınması ile aşınmaları arttırmaktadır.

- Zemin tesviye operasyonunda çekici gücünün değişken olması, zemin yapısının bilinmezleri nedeniyle makine konstrüktif yapısı hasar riski altındadır.

Bu nedenlerle mevcut lazer kontrollü tesviye makinesinin "kürek eğim dengeleme sistemi" ne, çekicinin gücünün verimli kullanılması, tesviye makinesinin ve çekicinin aşırı yüklere maruz kalmaması ve iş veriminin arttırılması için "çeki kuvveti otomasyon sistemi" ne, küreğin belirli bir bölgesine yada tümüne yayılı halde uygulanan maksimum çeki kuvvetinin, küreğin dayanım değerinin üzerine çıkması ile meydana gelecek hasarların maddi kayıplara ve sürekli tesviye hatalarına neden olmaması için "maksimum yük koruma sistemi" ne ve makinenin yüzey düzgünsüzlüklerinden etkilenmesinin minimuma indirilmesi için taşıyıcı sistem gereksinimi vardır.

Bu gereksinimlere çözüm olacak tasarımlar ortaya konmuş ve bilgisayar ortamında CATIA ile model olarak oluşturulmuştur. Yeni tasarım bir proje yardımıyla üretilmiş ve otomasyon sistemi çalışmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmalar sırasında şu adımlar izlenmiştir:

Gerçek bir CAD tasarımı yapabilmek amacıyla kesin sonucu elde etmek için tekrarlı analizler gerçekleştirilmiştir.

- Tasarımın modellenmesinin önemi kadar sistemdeki montaj bağlantılarının oluşturulmasıda büyük önem taşır.

- Tasarıma montaj gerilme analizleri uygulanmıştır. Montaj gerilme analizleri, montaj sistemlerinde farklı malzemelerden oluşan bir sistemin gerilme analizlerinin gerçekleştirilmesi için uygulanan iyi bir yöntemdir.

- Makine, yükleme durumlarına göre oluşabilecek maksimum gerilme değeri için 3 kat, normal çalışma halleri için ise 5 kat emniyetlidir.

- Geliştirilen tasarım kürek sistemi mevcut sistemin maksimum zorlanma haline göre 40 kN için %79 daha gerilmeye maruz kalmakta ve bu durumda maksimum yer değiştirme ise % 90 daha azdır.

- Yatak sistemlerinde rulman seçiminde sisteme etkiyen yük dağılımı kadar çalışma ortamı ve devir sayıları da önemlidir. Düşük devir sayılarında ve osilasyon hareketi yapması planlanan kürek için uygun rulman seçimine özen gösterilmiştir.

Bu kriterlerin ışığında montajı gerçekleştirilen lazer kontrollü iş makinesi ile arazi testleri yapılmış olup değerlendirmeler aşağıda verilmektedir:

- Kürek +/- 11 derece sağa sola dönme hareketi yapabilir hale gelmiştir.
- Makine 0.05 derece eğim hassasiyeti ile çalışmaktadır.
- Çeki kontrol sistemi olmadığında tesviye makinesi ve çekici % 224 gereksiz yüklemeye maruz kalmaktaydı.
- Küreğe değişik uygulamalar için fonksiyonellik kazandırılmıştır. Sert zemin yapılarında da çalışabilir durumdadır.
- Dönüm başına yaklaşık 4 lt yakıt tasarrufu sağlanmıştır.
- Makine eğim dengeleme sistemi ile şev çalışmaları şehir planlamaları gibi birçok sektöre hizmet verebilir hale getirilmiştir.
- Mevcut sistem 32 kN maksimum yüklemede hasara uğramamıştır.

Gerçekleştirilen makine çalışmanın hedefi olan iş verimini arttırma, tesviye hatalarını ortadan kaldırma ve daha hassas tesviye yapabilme özelliklerini barındırırken bu özellikleri ile günümüz ve gelecekteki tarım hizmetleri, karayolları, şehir düzenlemeleri ve daha birçok alandaki tesviye işlemlerinde yaygın olarak kullanılacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] TMMOB İş makineleri el kitabı-4, ***Kazıma, serme, sıkıştırma makineleri***, MMO/305/4, İzmir (2007).

[2] www.elektrik.gen.tr

[3] M.A.M. Nor, H. Rashid, W.M.F.W. Mahyuddin, M.A.M. Azlan, J. Mahmud, ***Stress analysis of a low loader chassis***. Procedia Eng. vol:41 p:995-1001 (2012).

[4] S. Bosnjak, Z. Petkovic, N. Zrnic, G. Simic, A. Siminovic, ***Cracks, repair and reconstruction of bucket wheel excavator slewing platform***, Eng. Failure Analysis, vol:16 p:1631-1642 (2009).

[5] M. Arsic, S. Bosnjak, N. Zirnic, A. Sedmak, N. Gnjatovic, ***Bucket wheel failure caused by residual stresses in welded joints***, Eng. Failure Analysis, vol: 18 p:700-712 (2011).

[6] H. Yürdem, İ. Önal, ***Prediction of working time requirement and field capacity of laser controlled land levelling machines***, Journal of Agricultural Machinery Science, vol : 6 (1) p: 19-28 (2010).

[7] M. T. Altınbalık, G. İrsel, ***2D Modeling and applications in engineering***, Journal of International Scientific Publications: Methods & Technologies, vol:7(2), 245-252 (2013).

[8] M. T. Altınbalık, G. İrsel, ***Explanation of assembly structural stress analysis and experimental study on bolted joints***, Proc of 5th IMEF'12, Praha-Checzh Republic, 441-452 (2012).

[9] K. Çavdar, F.C. Babalık, ***Hidrolik sistemlerin tasarımında metodik konstrüksiyon prensiplerinin kullanılması***, III. Hidrolik Pnömatik Kongresi, İzmir, TÜRKİYE, s: 377-387 (2003).

[10] F. C. Babalık, ***Tasarımda yeni yaklaşımlar***, TİMAK- Tasarım imalat analiz kongresi, s:11-15 (2006).

[11] F.C. Babalık, ***Makine elemanları ve konstrüksiyon örnekleri-cilt 1***, Uludağ Üniversitesi (1997).

[12] G. Çelikliay, ***CAD/CAM sistemlerinin seçimi***, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, (2000).

[13] G. İrsel, ***Dişli benzeri parçaların ekstrüzyonunda değişik ekstrüzyon ekstrüzyon oranlı parçaların sonlu elemanlar analizi***, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği A. B. D., Yüksek Lisans Tezi (2007).

[14] M. Topçu, S. Taşgetiren, ***Mühendisler için sonlu elemanlar metodu***, Ders Kitabı, Denizli (1998).

[15] S. S. Erdem, Dişli ***Çarklarda diş üzerinde ansys sonlu elemanlar paket programlarıyla gerilme analizi***, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (1996).

[16] E. Solmaz, ***Sonlu elemanlar metodu yardımıyla kuvvetlerin makine elemanları üzerindeki etkilerinin incelenmesi***, Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (1990).

[17] D. Zahariea, ***Structural analysis of a claw coupling***, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, Vol: (3), No:2, s:2067–3604 (2011).

[18] N.G. Zamani, ***CATIA V5-FEA Tutorials***, SDC Publications, (2005).

[19] S. Bošnjak, Z. Petkovic´, N. Zrnic´, M. Pantelic´, A. Obradovic, ***Failure analysis and redesign of the bucket wheel excavator two-wheel bogie***, Eng Fail Anal Vol:17 s:473–85 (2009).

[20] T. Altınbalık, Y. Çan, G. İrsel' ***Explanation of assembly structural stress analysis and an experimental study on bolted joints***, Proceeding of 5th International Mechanical Engineering Forum 2012, June 20th 2012 – June 22nd 2012, Prague, Czech Republic

[21] www.skf.com/skf/productcatalogue/calculations

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Gürkan İRSEL

Doğum Tarihi / Yeri : 12.07.1983 / EDİRNE

Medeni Durumu : Bekar

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Bilgileri

Yüksek Lisans : Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne, 2007.

Lisans : Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER

M. T. Altınbalık, G. İrsel, ***2D Modeling and applications in engineering***, Journal of International Scientific Publications: Methods & Technologies, vol:7(2), 245-252 (2013).

TEZ ÖĞRENCİSİ PATENT BAŞVURUSU

Buluş Başlığı : Tam Otomatik Toprak Tesviye Makinesi

Başvuru Numarası : 2012 / 01822

Evrak Numarası : 2012-G-54816

Başvuru Sahibi : Gürkan İRSEL

Trakya Üniversitesi Ahmet Karadeniz Yerleşkesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Merkez / Edirne