



**8X8 TAKTİK TEKERLEKLI ARAÇ
KURTARMA VARYANTI STABİLİTE
SİMÜLASYONLARI**

Sunan: Çağıl Çiloğlu, MSC. Modelleme & Simülasyon Ekip Lideri



- Problem Tanımı
- MSC Adams Modellemesi
- Yumuşak Zemin Hesaplamaları
- Değerlendirme / Sonuç



PROBLEM TANIMI

- Bu çalışmada FNSS Pars III 8x8 taktik tekerlekli zırhlı araç ailesinden bir varyant olan 'kurtarma' varyantının denge ve stabilizasyon simülasyonları çoklu cisim dinamiği programı MSC Adams View kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
- Geliştirilen model, araç süspansiyon kinematiği, vinç konumu ve yükleme koşullarını girdi olarak alarak, statik ve dinamik olarak çözümler üretebilmektedir.

Pars III 8x8



- PARS III ailesi, düşük ve yüksek yoğunluklu muharebe alanlarında kullanılmak üzere tasarlanmış, kullanıcıya stratejik avantajlar sunan, yapısında günümüzün en gelişmiş teknolojilerini barındıran, taktik tekerlekli zırhlı muharebe araçlarıdır.

Pars III 8x8



- Sınıfındaki en yüksek teker gezinme hareketine sahip tam bağımsız hidropnömatik süspansiyon sistemi farklı yol koşullarında en iyi yol tutuşunu sağlar. Tüm akslardan dönüş sistemi ile PARS III 8X8, 8 m'lik dönüş yarıçapıyla, sınıfındaki en düşük dönüş çapına sahiptir.

Pars III 8x8 Kurtarma Varyantı



- Pars III 8x8 kurtarma varyantı, gövde üzerinde bulunan hidrolik kaldırma vinci ve içerisinde yer alan çekme vinci sayesinde, zırhlı veya zırhsız araçların kurtarılması görevlerini icra edebilecek şekilde geliştirilmiştir. Araç üzerinde savunmaya yönelik bir kupola olup; sürücü, komutan, nişancı ve 2 kurtarma teknisyeni dahil 5 kişilik personel kapasitesine sahiptir.

Kurtarma Araçları Kullanım Alanları



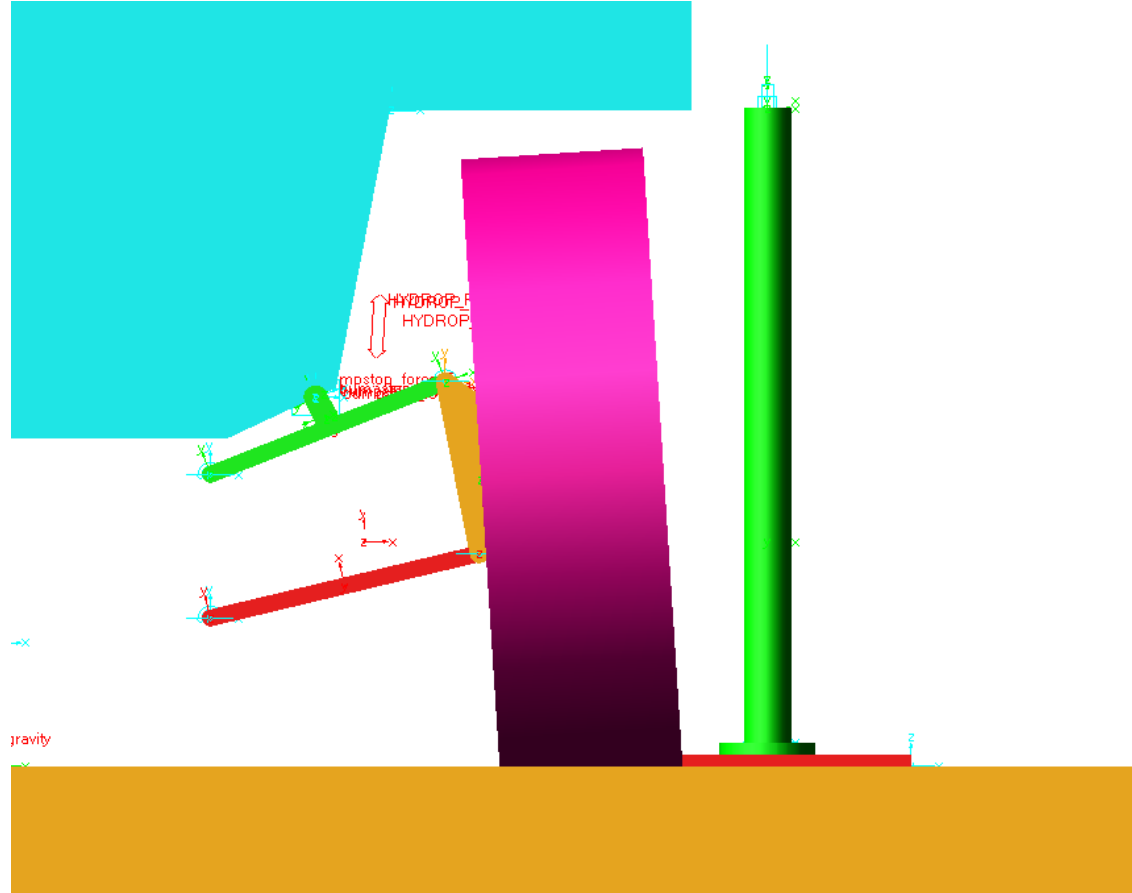
Sahada güç grubu veya kule değişimi, bakım, devrilen bir aracın yoldan kaldırılması, bozulan bir aracın çekilerek kurtarılması (towing) operasyonları...

Beklenen Çıktılar

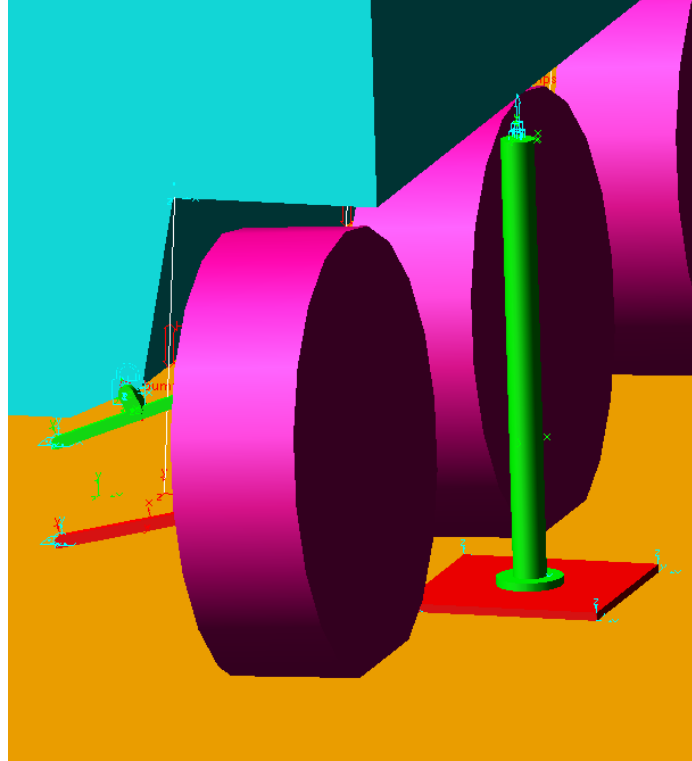
- Verilen kaldırma vinci yükleri altında aracın stabilite analizleri.
- Destekleyici ayaklara gelen yüklerin hesaplanması.
- Yumuşak zemin hesaplamaları.

MSC Adams Modellemesi

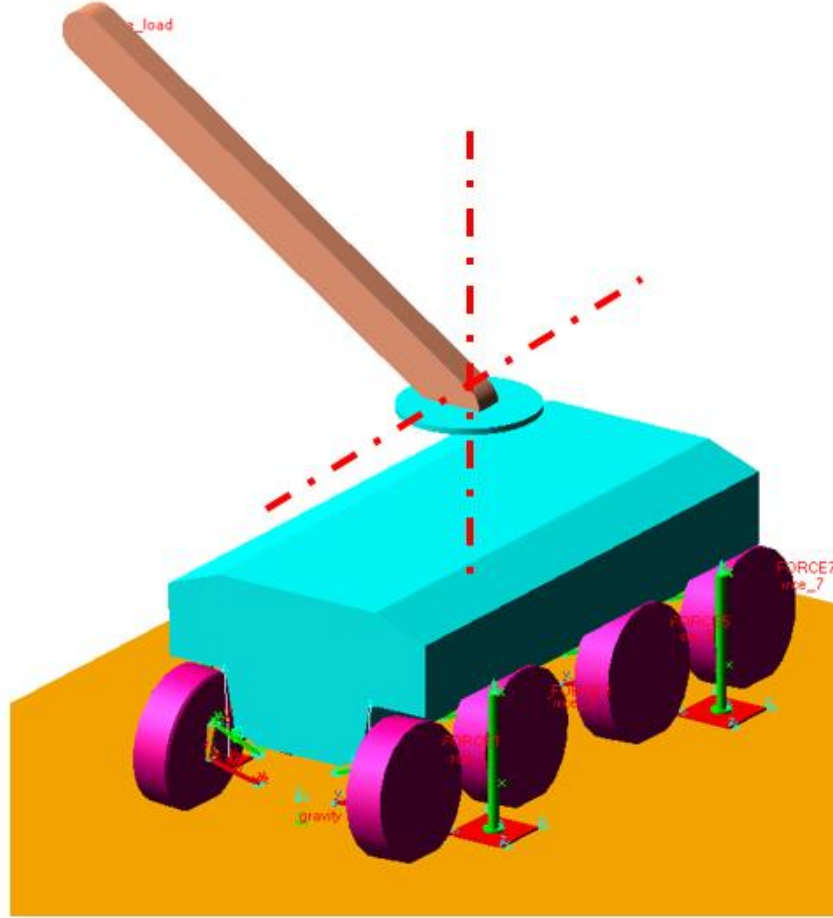
Süspansiyon Hücresi



- Hidro-pnömatik, çift salıncaklı süspansiyon, sürüş yüksekliği ayarlanabilir olarak modellenmiştir.

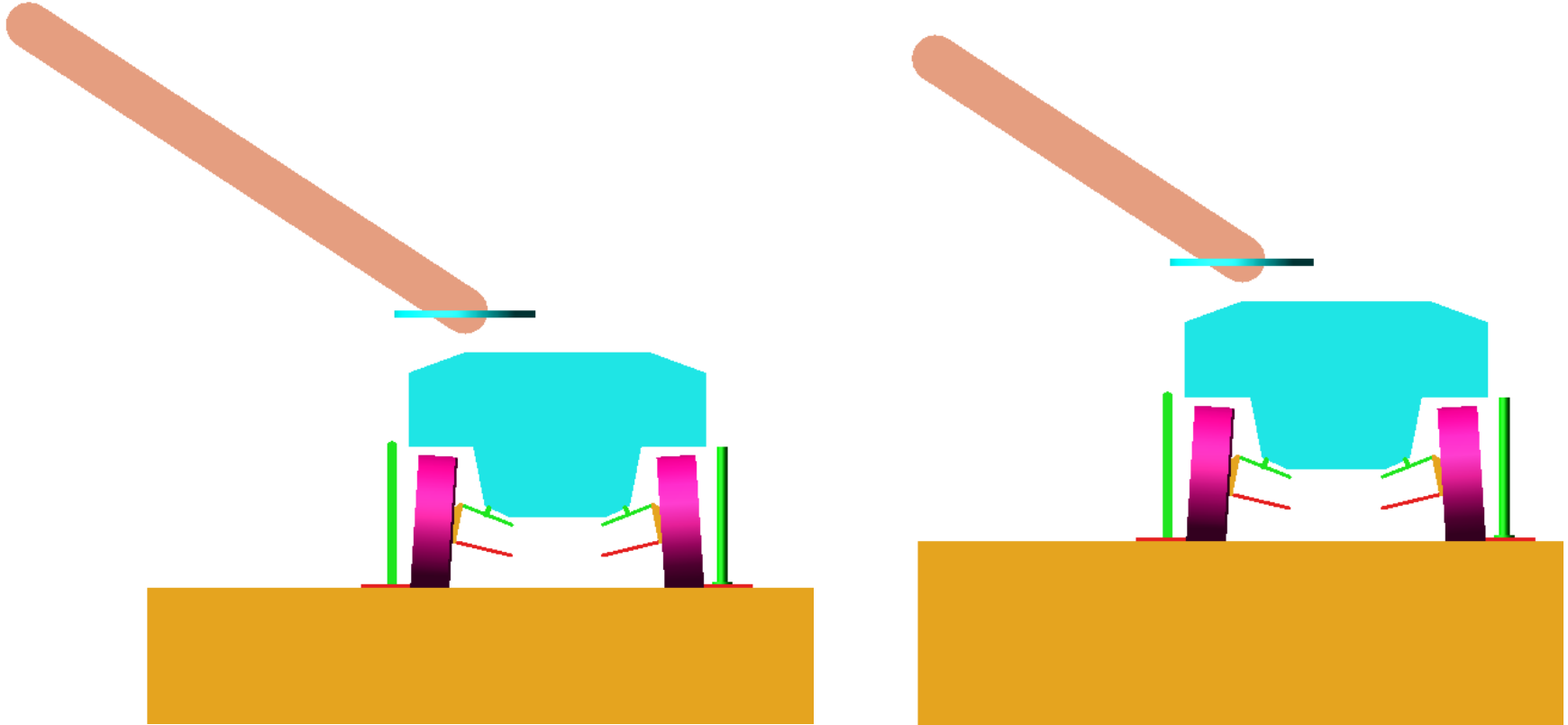


- Yüzey alanını artırma amacı ile kare plaka üstüne küresel mafsal ile bağlanan piston içerisindeki prizmatik mafsal vasıtasıyla araç ayaklar üzerinde 'z' yönünde hareket ettirilebilmektedir.
- Basma plakası ile yer arasında '3D Contact' tanımlıdır.



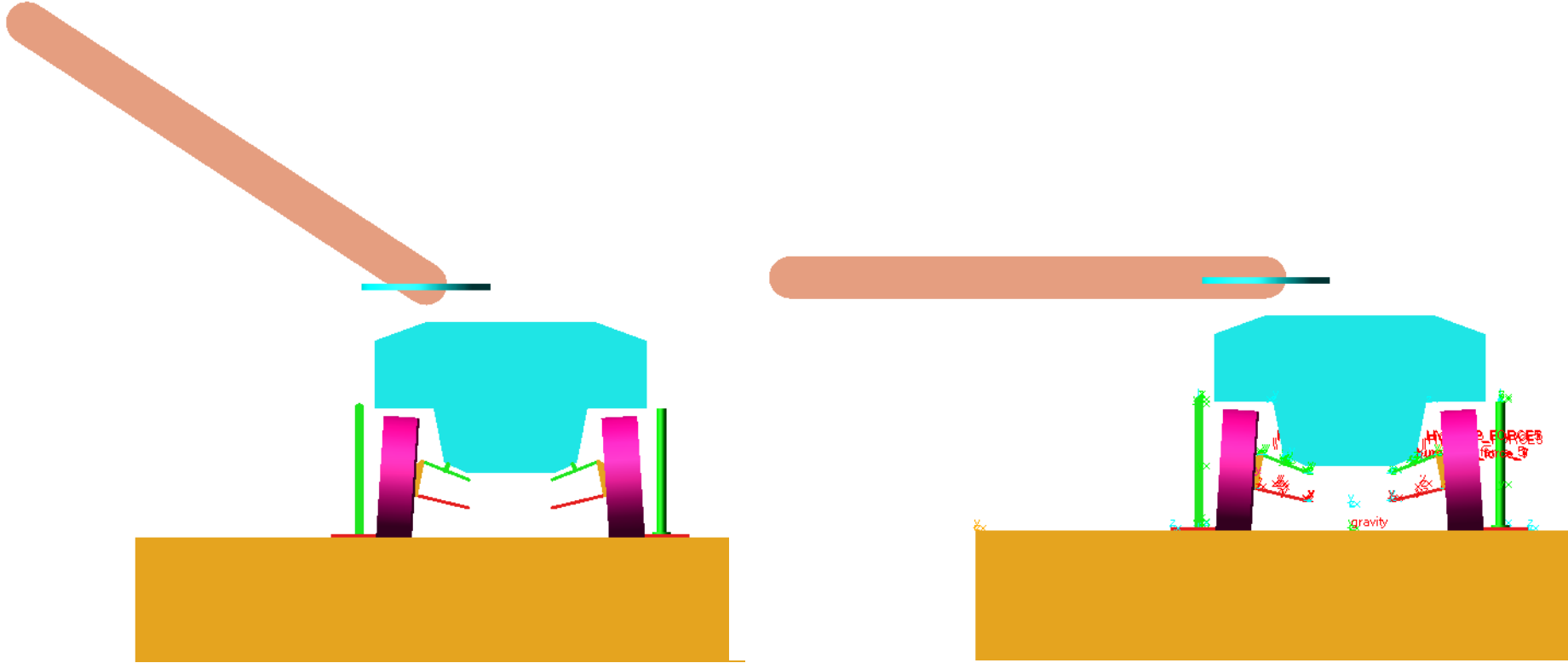
- Hidrolik tahrikli kurtarma vinci, iki serbestlik dereceli rijit bir eleman olarak modellenmiştir.

Parametrik Modelleme – Vinç Moment Kolu

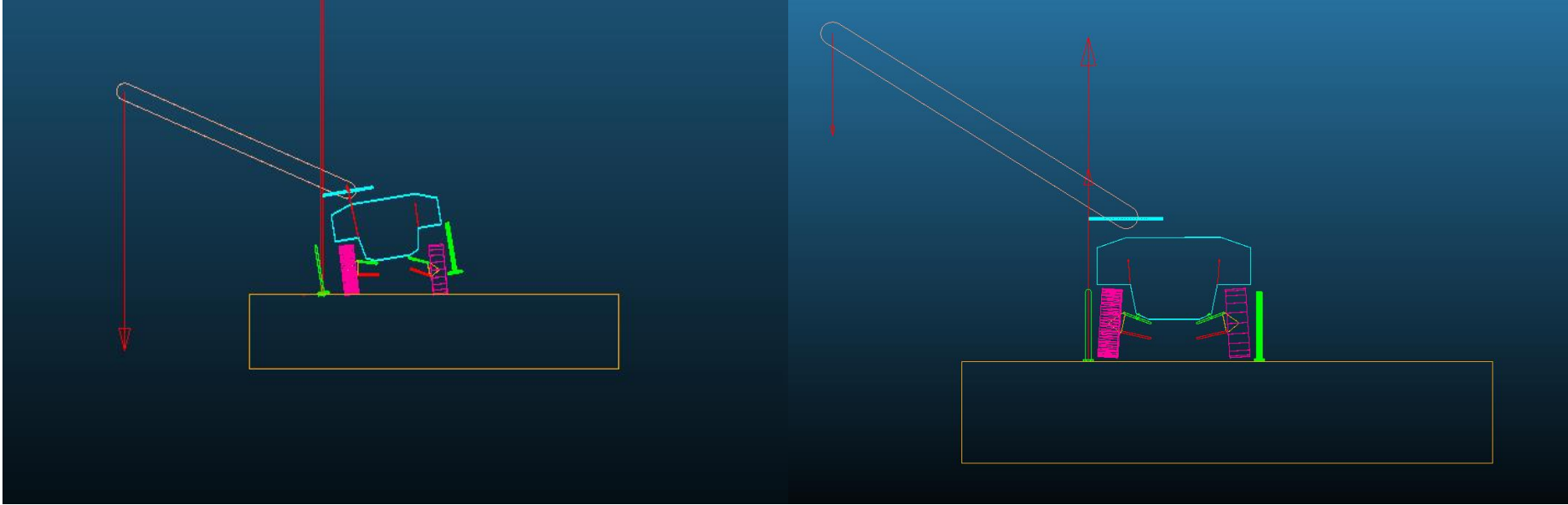


- Parametrik modelleme ile, hızlı bir biçimde farklı vinç uzunlukları denenebilmektedir.

Parametrik Modelleme – Vinç Açısı

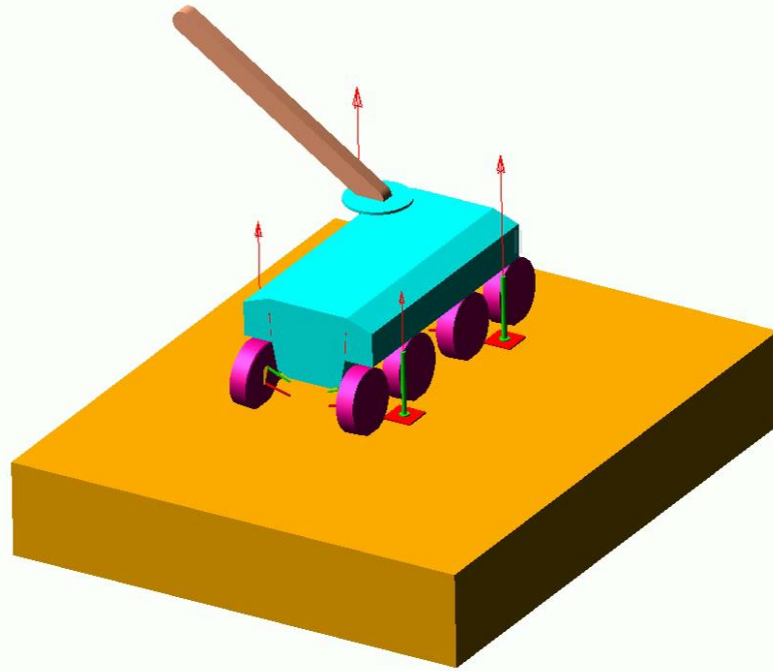


- Parametrik modelleme ile, hızlı bir biçimde farklı vinç açıları denenebilmektedir.

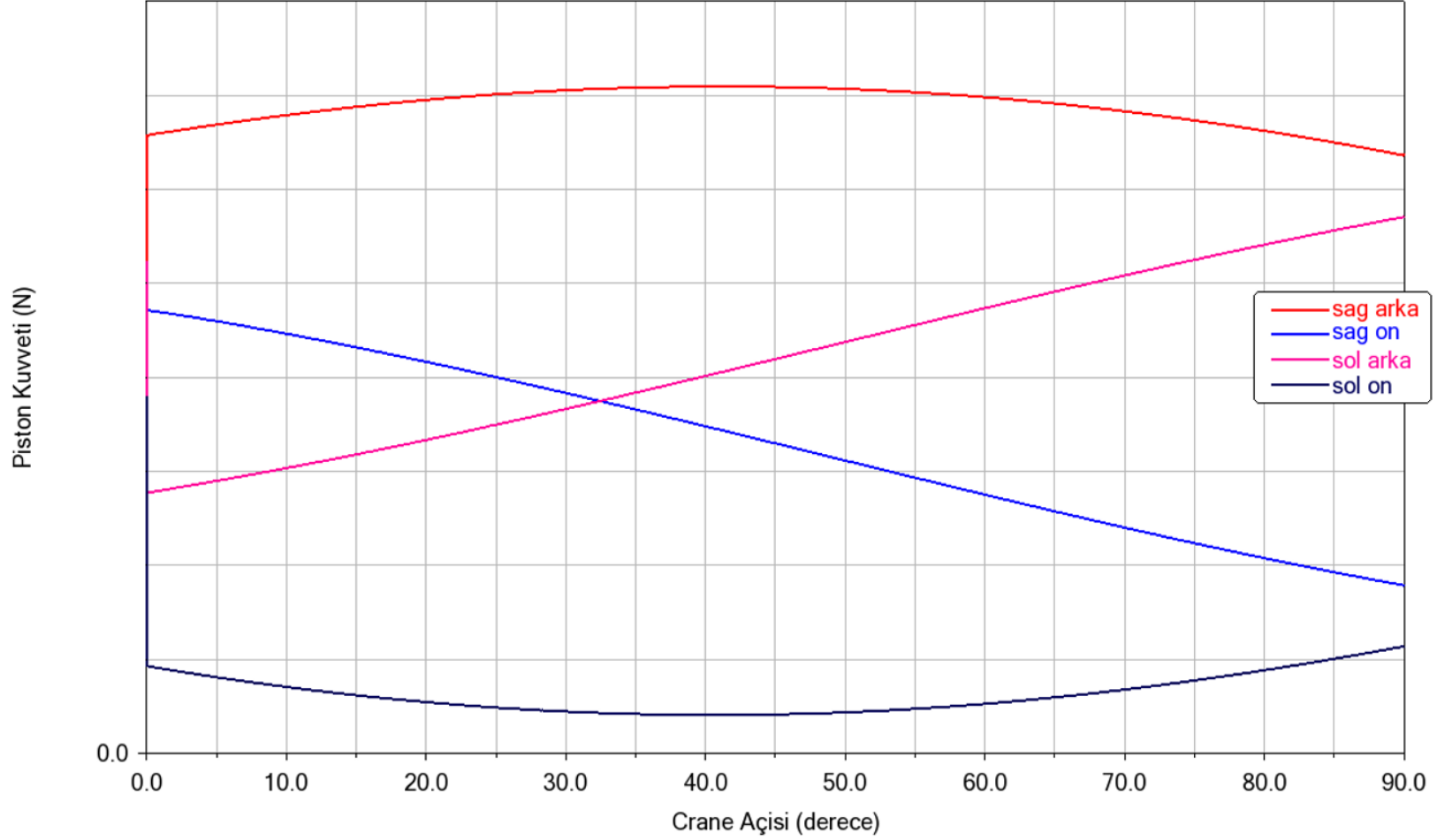


- Verilen bir vinç yüklemesi koşulu için destek ayaklarının nereye konumlandırılması gerektiği çalışıldı.
- Aracın hangi yüklerde devrilme riski olduğu belirlenerek stabilite güvenlik faktörü hesaplandı.

Last_Run Time= 0.0000 Equilibrium Frame=0001



Piston Kuvvetleri



Yumuşak Zemin Hesaplamaları

Bekker Denklemi [1]

The pressure–sinkage relationship for the mineral terrain may be characterized by the following equation proposed by Bekker (1960):

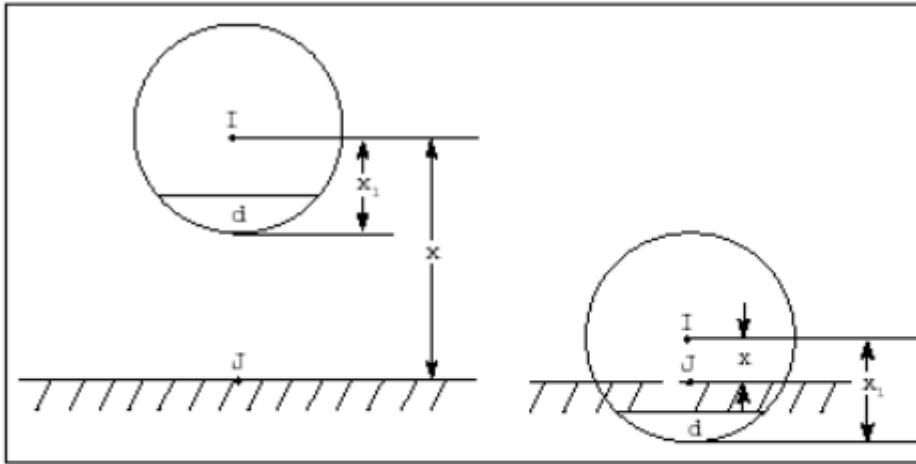
$$p = (k_c/b + k_\phi)z^n = k_{eq}z^n \quad (4.1)$$

where p is pressure; b is the radius of a circular plate or the smaller dimension of a rectangular plate; n , k_c and k_ϕ are pressure–sinkage parameters for the Bekker equation; $k_{eq} = k_c/b + k_\phi$, and z is sinkage.

Yukarıda verilen denklem vasıtasıyla toprak basma kuvvetinin toprağa batma miktarı ile ilişkisi matematiksel olarak hesaplanabilmektedir.

Adams 3D Kontakt Modeli [2]

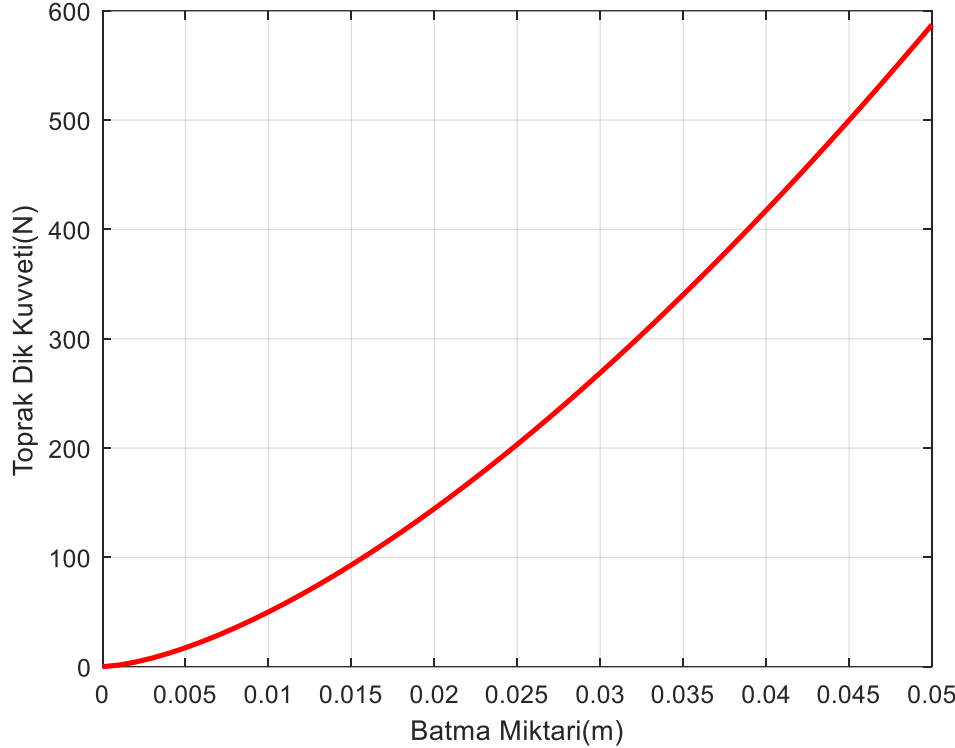
- Aşağıda verilen denklemde, $(x_1 - x)$ penetrasyon miktarı, k kontakt direngenliği, e kuvvet deplasman üstel karakteristiğini belirleyen parametredir.
- Eğer operasyon neredeyse statik kabulü yapılırsa sönümlenme parametreleri sıfır olacaktır fakat sönümlenme katsayılarını sıfırlamak simülasyon yakınsama problemi yarattığı için stiffness'ın yüzde biri oranında sönümlenme tanımlanmıştır.



The equation defining IMPACT is:

$$IMPACT = \begin{cases} \text{Max}(0, k(x_1 - x)^e - \text{STEP}(x, x_1 - d, c_{max} x_1, 0) \cdot \dot{x}) & : x < x_1 \\ 0 & : x \geq x_1 \end{cases}$$

Adams 3D kontakt – Bekker Denklemi İlişkisi



$$\underbrace{\left(\frac{k_c}{b} + k_\phi\right)}_{\text{Eşdeğer dirençlik}} \cdot A \cdot \underbrace{z^n}_{\text{Penetrasyon miktarı}} = F_{\text{sinkage}} \quad \text{Kuvvet üsteli}$$

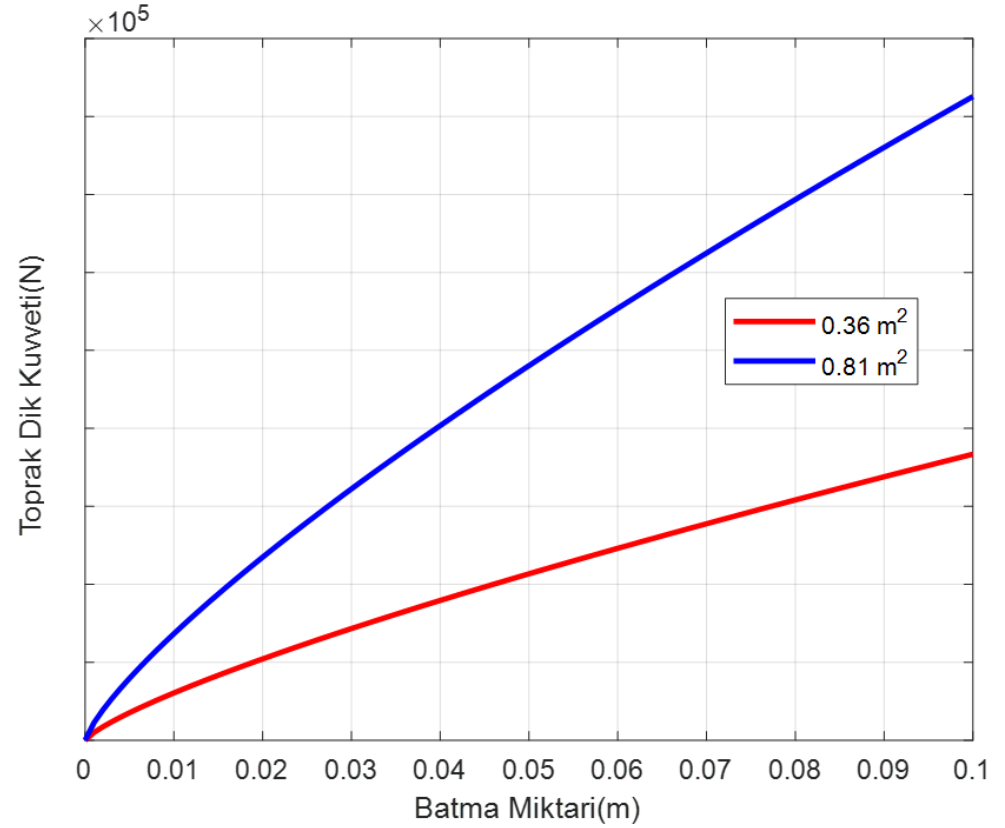
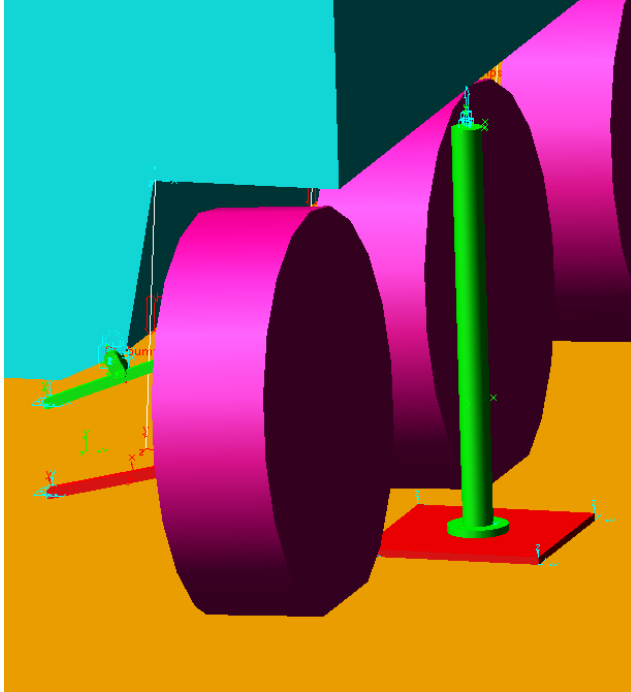
Terrain parameters	Hope Valley snow
k_c (kN/m ⁿ⁺¹)	6.16
k_ϕ (kN/m ⁿ⁺²)	149.35
n	1.53
k_o (kN/m ³)	0
A_u (kN/m ⁴)	40 000

$$IMPACT = \begin{cases} \text{Max}(0, k(x_1 - x)^e - \text{STEP}(x, x_1 - d, c_{max}, x_1, 0) \cdot \dot{x}) & : x < x_1 \\ 0 & : x \geq x_1 \end{cases}$$

Farklı Yumuşak Zemin Karakteristikleri [1]

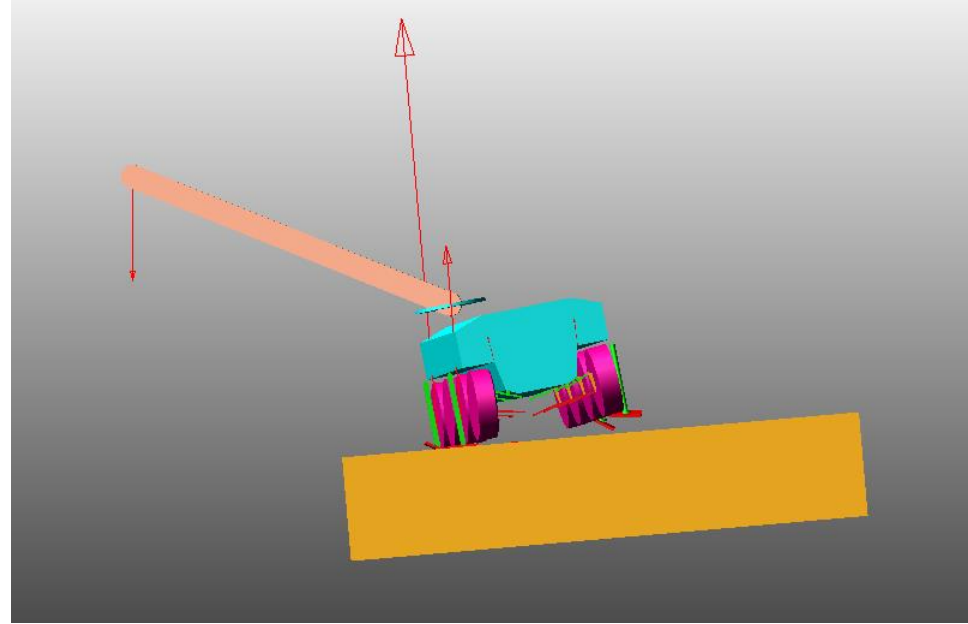
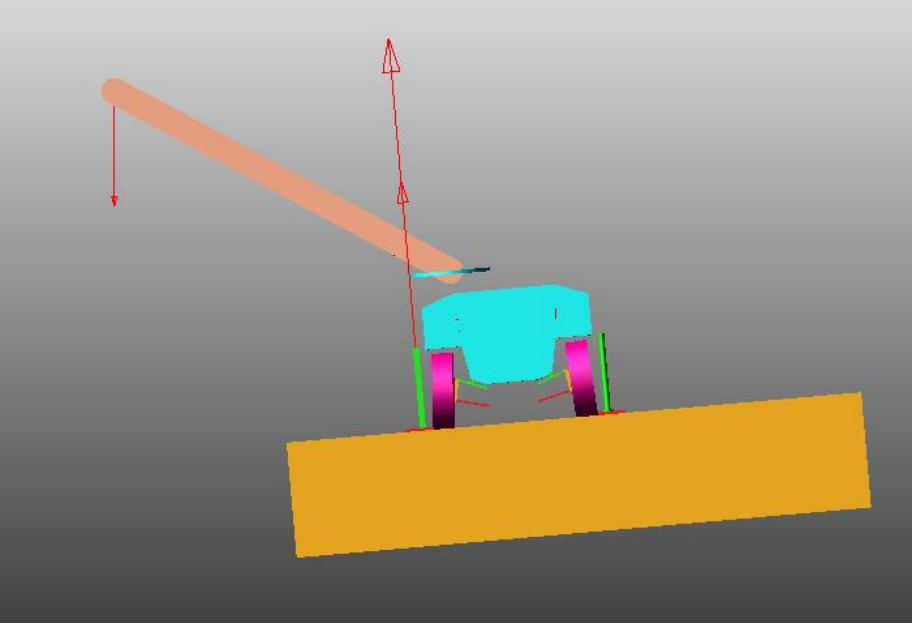
Terrain type	Constants for Bekker's equation			Constants for Reece's equation			Goodness-of-fit %	Wet density (kg/m ³)	Moisture content %
	n	k_c (kN/m ⁿ⁺¹)	k_ϕ (kN/m ⁿ⁺²)	n	k'_c (kN/m ²)	k'_ϕ (kN/m ³)			
LETE sand	0.705	6.94	505.8	0.705	39.1	779.8	95.3	~1600	
	0.611	1.16	475.0	0.611	28.2	1066	94.5		
	0.804	3.93	599.5	0.804	16.9	879.6	93.8		
	0.728		1348	0.728	18.3	2393	88.8		
	0.578	9.08	2166	0.578	197	4365	89.2		
	0.781	47.8	6076	0.781	229.7	8940	89.8		
	0.806	155.9	4526	0.806	413.5	5420	88.1		
Upland sandy loam	1.10	74.6	2080	1.10	42.0	1833	87.7	1557	51.6
	0.97	65.5	1418	0.97	77.4	1464	92.0	1542	49.2
	1.00	5.7	2293	1.00	5.3	2283	94.8	1570	49.1
	0.74	26.8	1522	0.74	121.7	2092	95.1	1519	44.3
	1.74	259.0	1643	1.74	-0.9	763	86.0	1696	50.0
	0.85	3.3	2529	0.85	42.4	3270	87.5	1471	28.6
	0.72	59.1	1856	0.72	231.4	2323	84.2	1592	34.3
	0.77	58.4	2761	0.77	214.1	3626	86.6	1559	35.1
	1.09	24.9	3573	1.09	6.7	2982	91.9	1716	31.2
	0.70	70.6	1426	0.70	279.3	1317	94.3	1470	27.3
	0.75	55.7	2464	0.75	213.6	3244	89.4	1526	32.6
Rubicon sandy loam	0.66	6.9	752	0.66	63.3	1176	92.6	1561	43.3
	0.65	10.5	880	0.65	88.2	1358	97.0	1588	44.2
North Gower clayey loam	0.73	41.6	2471	0.73	121.2	-4.2	88.8	1681	45.8
	0.85	6.8	1134	0.85	27.0	1430	90.0	1597	52.0
Grenville loam	1.01	0.06	5880	1.01	-1.3	5814	87.4	1326	24.1
	1.02	66.0	4486	1.02	55.3	4292	89.1	1339	18.2

Farklı Plaka Alanları



LETE sand	Batma Miktarı (cm)
A = 0.36 m ²	6.7
A = 0.81 m ²	2.4

Verilen bir yük için farklı plaka alanlarının batma miktarını ne kadar etkilediği tasarım ekiplerine aktarılarak plaka alanı için geri bildirimler sağlandı.



Verilen bir yumuşak zemin parametre seti için operasyonun hangi yan eğimlere kadar güvenli, hangi yan eğimden sonra güvensiz olduğu çıkarımları tasarım ekiplerine sağlandı.

- Bu çalışmada Pars III 8x8 Kurtarma varyantının sert ve yumuşak zeminlerde stabilite simülasyonları için yapılan çalışmalar sunuldu.
- Geliştirilen modelin çıktıları aşağıdaki gibi özetlenebilir.
 1. Verilen yükler altında ayaklara gelen yüklerin hesaplanması
 2. Verilen yükler altında aracın stabilite güvenlik faktörleri
 3. Kurtarma vincinin araç üzerinde nereye konumlandırabileceğinin geri bildirimi
 4. Yumuşak zeminde batma miktarını kontrol amaçlı plaka alanı hesabı
 5. Yumuşak zeminde ve yan eğimde stabilite hesapları

Referanslar

1. Wong, J. Y. (1989). Terramechanics and off-road vehicles. Elsevier.
2. MSC Adams Solver Help, 2019.



TEŞEKKÜR EDERİZ

www.fnss.com.tr

www.fnsssocial.com

