

LS-Dyna CPU Time

HAZIRLAYAN
AHMET FEYZİ YILDIRIM YAPISAL ANALİZ MÜHENDİSİ

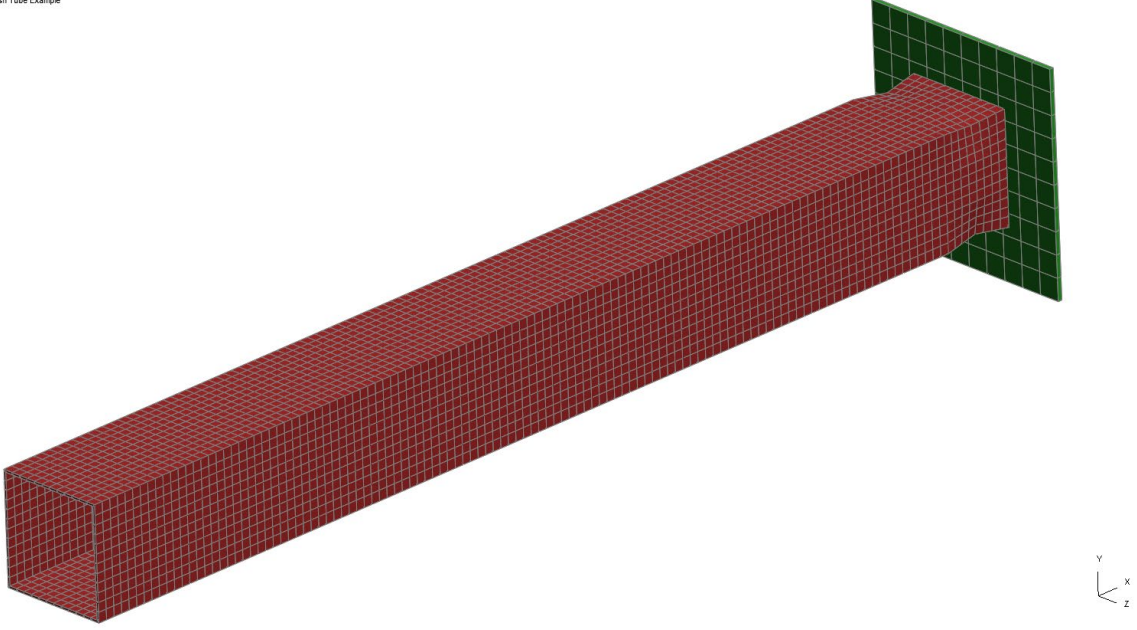
Tarih: 04/01/2023

LS-Dyna yüksek derecede doğrusal olmayan yükler içeren ve çok kısa sürede gerçekleşen, büyük deformasyon ve gerinimlerin olduğu durumların simülasyonu için özelleşmiş explicit doğrusal olmayan sonlu eleman yazılımıdır.

LS-Dyna analizleri söz konusu olduğunda kritik başlıklardan birisi de analiz süresidir. Bu sebeple kartları doğru kullanmak, modeli gereksiz yere şişirmemek çok önemlidir. Bu teknik yazıda modele içten ve dıştan müdahaleler ile analiz süresinin ne kadar değiştiği incelenecektir.

MODEL

PRIMER: M1: Crash Tube Example



ŞEKİL 1: CRASH TUBE

Şekil 1' de görüldüğü gibi bir crash tube üzerine analiz yapılacaktır. Modelde 2 part bulunmaktadır. Impactor Plate, 2 mm Shell ve MAT_020: RIJID malzemeden modellenmiştir. Crash Tube, 1 mm Shell ve MAT_003: PLASTIC_KINEMATIC malzemeden modellenmiştir. Kesit özellikleri Elform : 2 Belytschko-Tsay, Number Integration Point : 3 'tür. Crash Tube 3.70-4.17 mm meshlerden oluşmaktadır ve Timestep 0.618×10^{-6} 'tir. Database History' ye ekleme yapılmamıştır. Termination Time 0.5 saniyedir. Database d3plot açılmamıştır. Bu model, bundan sonra "Temel Model" olarak isimlendirilecektir.

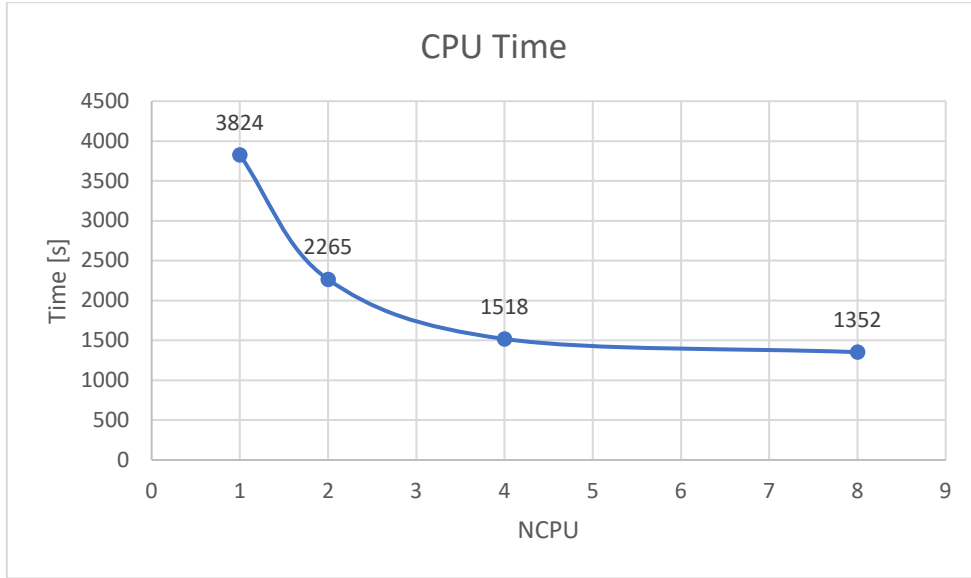
Karşılaştırmalarda sonuçlar aynı çıkacak şekilde sabittir, yalnızca süreler kıyaslanacaktır. Burada Elform ve NIP gibi parametrelerin yakınsamaya etkisi bilinmemektedir fakat sonuçlar aynıdır.

NCPU KARŞILAŞTIRMASI

Temel model ilk olarak 1, 2, 4 ve 8 çekirdek ile koşturulmuştur. Her birinde 20 mb memory kullanılmıştır.

Çekirdek	Memory	Saniye	Süre
1 cpu	20 mb	3824	1 hours 3 minutes 44 seconds
2 cpu	20 mb	2265	0 hours 37 minutes 45 seconds
4 cpu	20 mb	1518	0 hours 25 minutes 18 seconds
8 cpu	20 mb	1352	0 hours 22 minutes 32 seconds

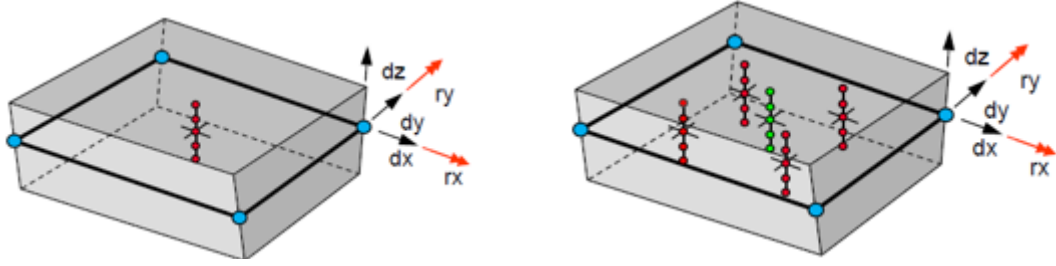
TABLO 1: NCPU KARŞILAŞTIRMASI



ŞEKİL 2: NCPU KARŞILAŞTIRMASI

ELFORM ETKİSİ

Beam, Shell ve Solid elemanlarda section kartının içerisinde seçilen ELFORM'lar elemanın "eleman formalizasyonlarını" değiştirmektedir. Burada özellikle ELFORM tipine göre kaç noktadan okuma yaptığı analiz süresini doğrudan etkilemektedir. Bu değerler değiştirilmez ise varsayılan ELFORM değerleri kullanılır ve bunlar en ekonomik olanlardır. Özel durumlar olmadıkça varsayılan ayarlar kullanılabilir.



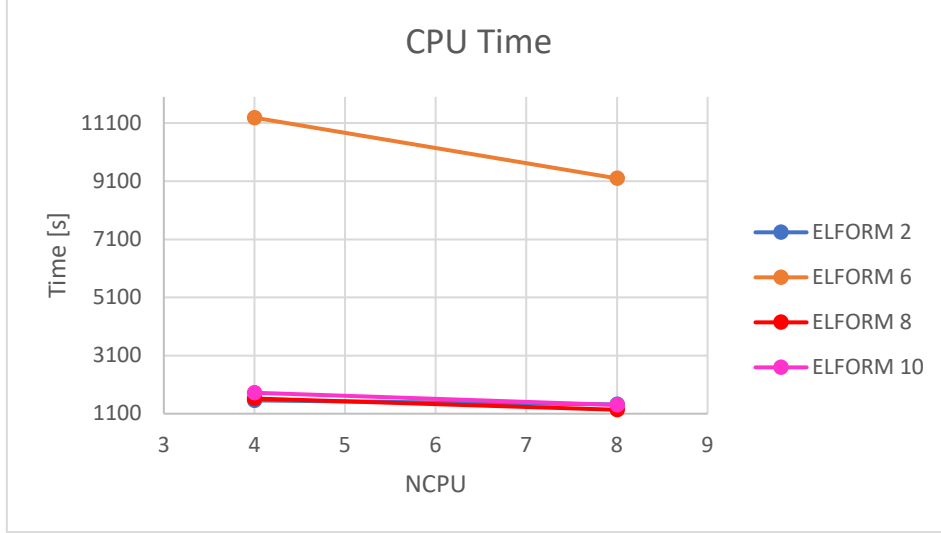
ELFORM=1,2,8,10,11 (Tek Noktalı İnt.)

ELFORM=6 (Beş Noktalı İntegrasyon)

ŞEKİL 3: ELFORM İNTEGRASYON

Çekirdek	Elform	Saniye	Süre
4	2	1558	0 hours 25 minutes 58 seconds
8	2	1418	0 hours 23 minutes 38 seconds
4	6	11285	3 hours 8 minutes 5 seconds
8	6	9196	2 hours 33 minutes 16 seconds
4	8	1622	0 hours 27 minutes 2 seconds
8	8	1235	0 hours 20 minutes 35 seconds
4	10	1821	0 hours 30 minutes 21 seconds
8	10	1401	0 hours 23 minutes 21 seconds

TABLO 2: ELFORM ETKİSİ



ŞEKİL 4: ELFORM ETKİSİ

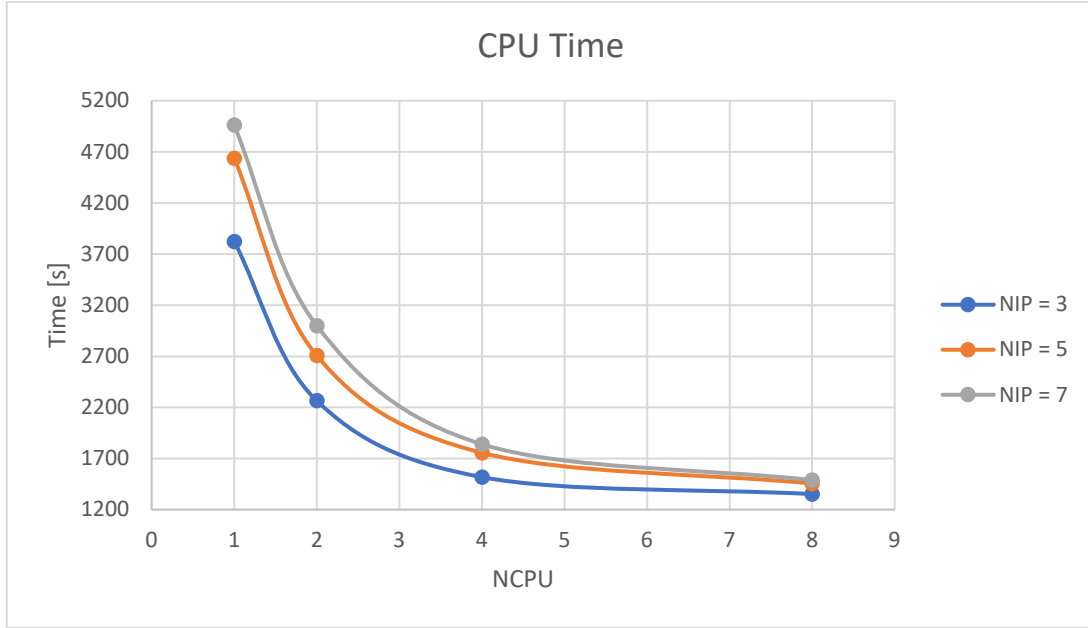
Şekil 4'ten de görülebileceği gibi tek integrasyonlu ELFORM=2,8,10 örneklerinde süre benzer çıkmıştır. Beş noktadan integrasyonlu ELFORM=6 ise yaklaşık 6-7 kat daha fazla sürede çözüme ulaşmıştır. Buna karşılık sonuç daha yakınsak çıkar ve hourglass oluşma ihtimali daha düşük olacaktır.

NIP ETKİSİ

Shell Section içerisindeki Number of through thickness integration points 'in analiz süresini ne kadar etkilediği incelenmiştir. NIP arttırmak hem sonuçta yakınsama sağlarken hem de hourglass probleminin önüne geçebilmektedir. Kabuk eleman içerisinde okuma yapılan noktaları artırmak analiz süresini de uzatmaktadır.

Çekirdek	NIP	Saniye	Süre
1	3	3824	1 hours 3 minutes 44 seconds
2	3	2265	0 hours 37 minutes 45 seconds
4	3	1518	0 hours 25 minutes 18 seconds
8	3	1352	0 hours 22 minutes 32 seconds
1	5	4638	1 hours 17 minutes 18 seconds
2	5	2707	0 hours 45 minutes 7 seconds
4	5	1756	0 hours 29 minutes 16 seconds
8	5	1456	0 hours 24 minutes 16 seconds
1	7	4962	1 hours 22 minutes 42 seconds
2	7	3000	0 hours 50 minutes 0 seconds
4	7	1840	0 hours 30 minutes 40 seconds
8	7	1489	0 hours 24 minutes 49 seconds

TABLO 3: NIP ETKİSİ



ŞEKİL 5: NIP ETKİSİ

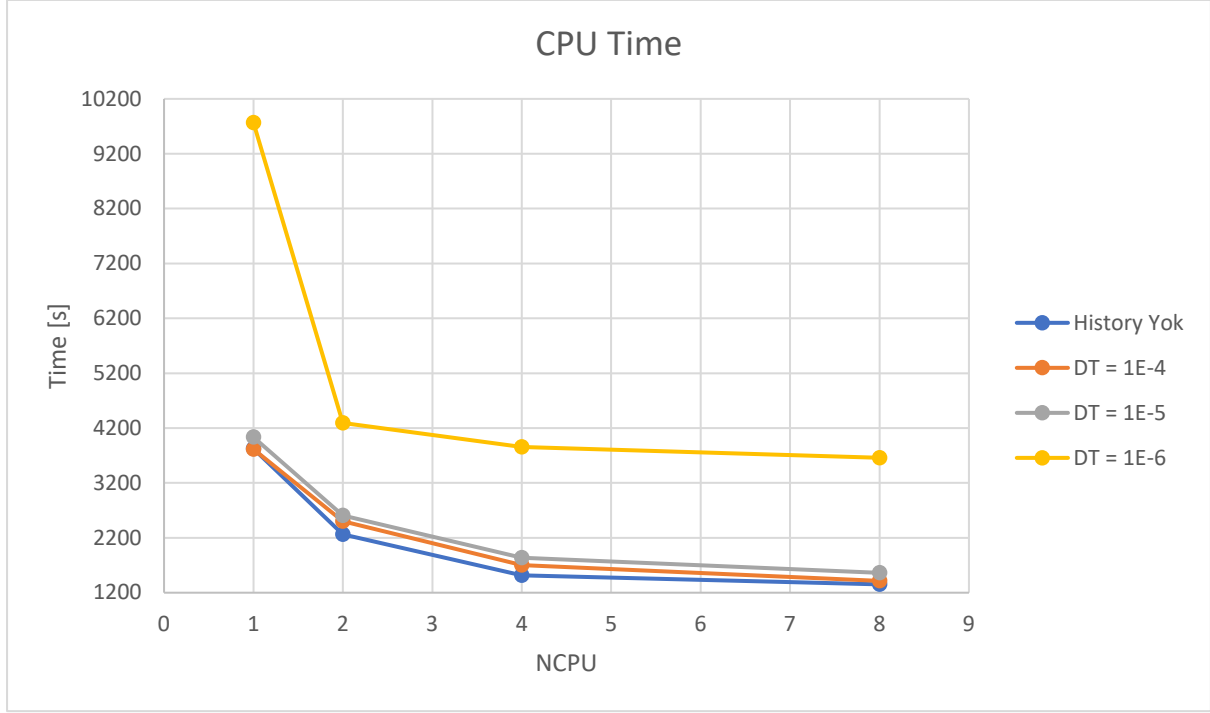
Sonuçlara bakıldığında NIP arttıkça sürenin arttığı görülmektedir. Buna karşılık analizlerdeki genel etkisi sonuç daha yakınsak çıkacak ve hourglass oluşma ihtimali daha düşük olacaktır.

HISTORY VE DT ETKİSİ

Ekstra bilgi istenen elemanlar için Database History Node'a ve History Shell'e elemanlar eklenmiştir. Database ASCII Options içerisinde GLSTAT, MATSUM, ELOUT ve NODOUT açılmıştır. Temel modelde veri istenmemiştir, 2. Modelde 200 node ve 200 shell eleman eklenmiş ve 1E-4 saniyede bir veri istenmiştir. 3. modelde istenen veri 10 kat artırılarak 1E-5 ve 4. Modelde 1E-6 saniyede bir veri istenmiştir. Her modelde analiz süresi 0.5 saniye ve timestep 6E-7'dir.

Çekirdek	History Node	History Shell	DT	Saniye	Süre	Boyut
1	0	0	-	3824	1 hours 3 minutes 44 seconds	32 MB
2	0	0	-	2265	0 hours 37 minutes 45 seconds	32 MB
4	0	0	-	1518	0 hours 25 minutes 18 seconds	32 MB
8	0	0	-	1352	0 hours 22 minutes 32 seconds	32 MB
1	200	200	1E-04	3815	1 hours 3 minutes 35 seconds	680 MB
2	200	200	1E-04	2504	0 hours 41 minutes 44 seconds	680 MB
4	200	200	1E-04	1704	0 hours 28 minutes 24 seconds	680 MB
8	200	200	1E-04	1415	0 hours 23 minutes 35 seconds	680 MB
1	200	200	1E-05	4034	1 hours 7 minutes 14 seconds	6350 MB
2	200	200	1E-05	2607	0 hours 43 minutes 27 seconds	6350 MB
4	200	200	1E-05	1837	0 hours 30 minutes 37 seconds	6350 MB
8	200	200	1E-05	1562	0 hours 26 minutes 2 seconds	6350 MB
1	200	200	1E-06	9766	2 hours 42 minutes 46 seconds	62000 MB
2	200	200	1E-06	4292	1 hours 11 minutes 32 seconds	62000 MB
4	200	200	1E-06	3858	1 hours 4 minutes 18 seconds	62000 MB
8	200	200	1E-06	3659	1 hours 0 minutes 59 seconds	62000 MB

TABLO 4: HISTORY VE DT ETKİSİ



ŞEKİL 6: HISTORY VE DT ETKİSİ

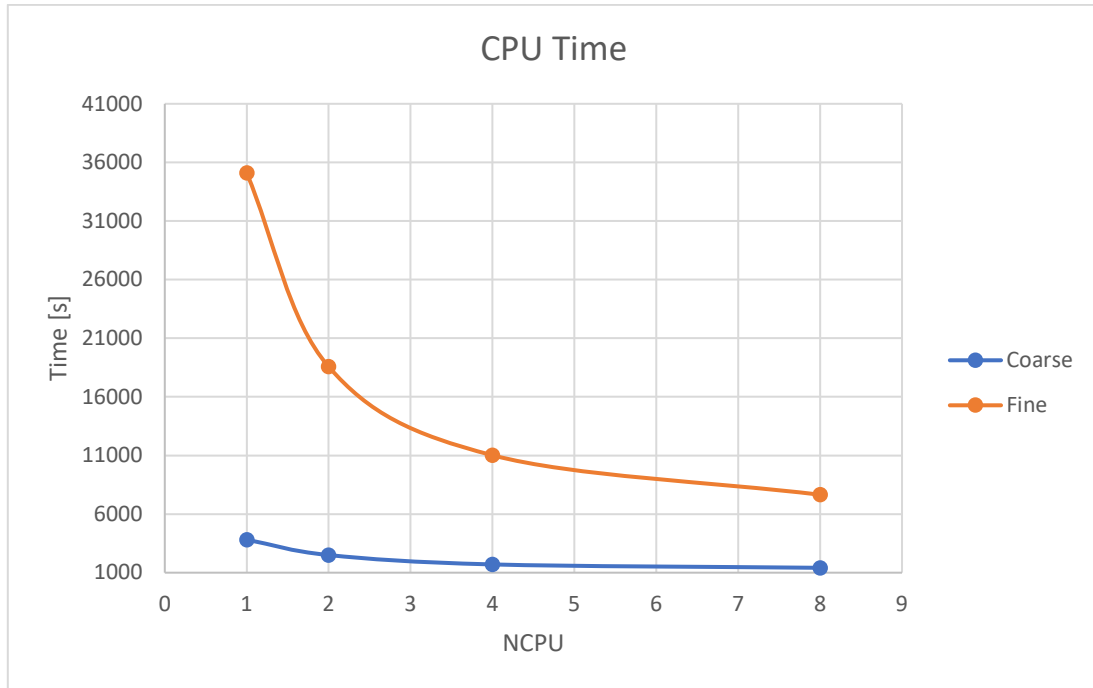
Sonuçlar incelendiğinde ASCII ve Binary isterlerinin analizin süresini ve dosya boyutlarını etkilediği görülmektedir. İstenen veri adedi arttıkça hem süre hem dosya boyutu artmıştır.

TIMESTEP ETKİSİ

Timestep etkisi bir diğer değiş ile Coarse Mesh ve Fine karşılaştırması olacaktır. Temel modelin (coarse mesh) yarı kenar uzunluğuna sahip elemanlar ile ikinci bir model (fine mesh) karşılaştırılacaktır. Coarse Mesh'in timestepi $6E-07$ s ve Fine Mesh'in timestepi $3E-07$ s 'dir.

	Çekirdek	Time Step	Saniye	Süre	Boyut
Coarse Mesh	1	$6E-07$	3815	1 hours 3 minutes 35 seconds	680 MB
	2	$6E-07$	2504	0 hours 41 minutes 44 seconds	680 MB
	4	$6E-07$	1704	0 hours 28 minutes 24 seconds	680 MB
	8	$6E-07$	1415	0 hours 23 minutes 35 seconds	680 MB
Fine Mesh	1	$3E-07$	35091	9 hours 44 minutes 51 seconds	712 MB
	2	$3E-07$	18577	5 hours 9 minutes 37 seconds	712 MB
	4	$3E-07$	11017	3 hours 3 minutes 37 seconds	712 MB
	8	$3E-07$	7649	2 hours 7 minutes 29 seconds	712 MB

TABLO 5: TIMESTEP ETKİSİ



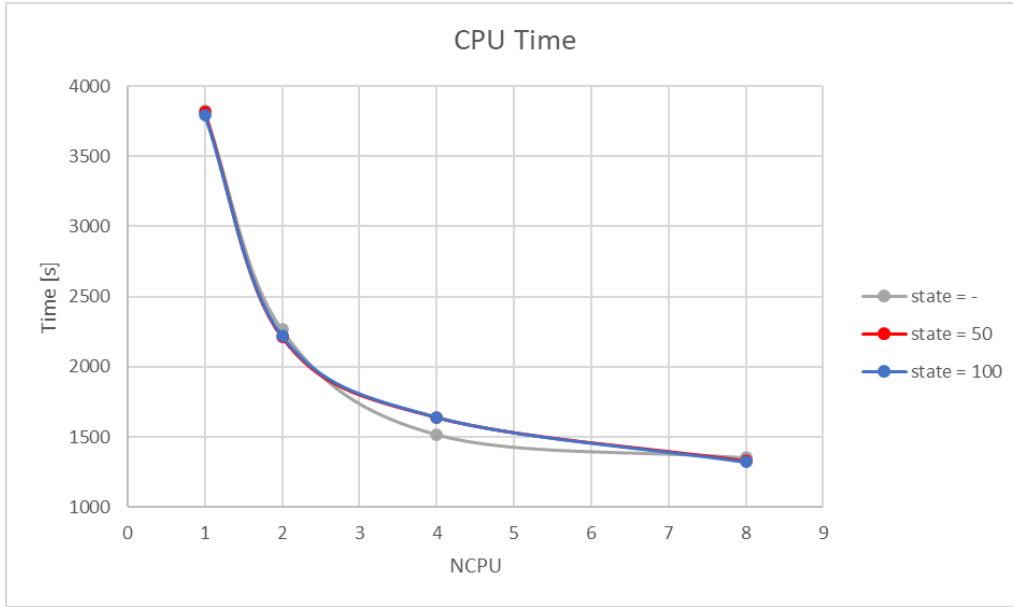
ŞEKİL 7: TIMESTEP ETKİSİ

D3PLOT ADIM ETKİSİ

Bu örnekte animasyonun olup olmadığı ve simülasyonun adım adedin analizi ne kadar etkilediği karşılaştırılmıştır. Temel modelde Database Binary D3plot aktif edilmemiştir. İkinci örnekte d3plot 50 adım (NPLTC=50) ve üçüncü örnekte d3plot 100 adım (NPLTC=100) olarak girilmiştir. LS-Dyna'nın genel olarak tavsiye ettiği 50-100 adım belirlenmesidir.

Çekirdek	d3plot state	Saniye	Süre	Boyut
1	-	3824	1 hours 3 minutes 44 seconds	32 MB
2	-	2265	0 hours 37 minutes 45 seconds	32 MB
4	-	1518	0 hours 25 minutes 18 seconds	32 MB
8	-	1352	0 hours 22 minutes 32 seconds	32 MB
1	50	3813	1 hours 3 minutes 33 seconds	61 MB
2	50	2212	0 hours 36 minutes 52 seconds	61 MB
4	50	1641	0 hours 27 minutes 21 seconds	61 MB
8	50	1330	0 hours 22 minutes 10 seconds	61 MB
1	100	3796	1 hours 3 minutes 16 seconds	108 MB
2	100	2221	0 hours 37 minutes 1 seconds	108 MB
4	100	1642	0 hours 27 minutes 22 seconds	108 MB
8	100	1322	0 hours 22 minutes 2 seconds	108 MB

TABLO 6: D3PLOT ADIM ETKİSİ



ŞEKİL 8: D3PLOT ADIM ETKİSİ

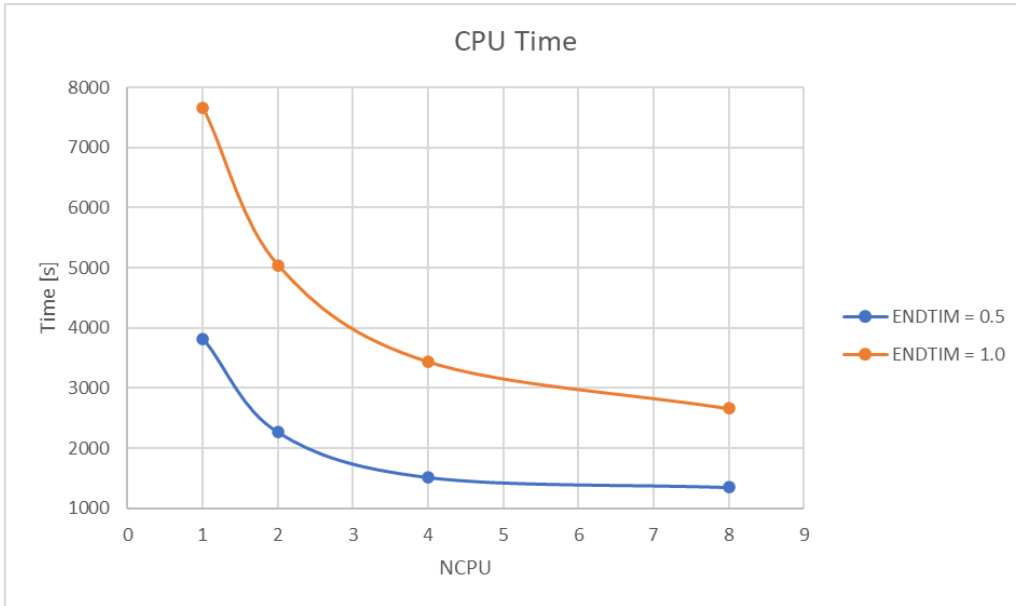
Örnekler karşılaştırıldığında sürenin etkilendiği. Buna karşılık dosya boyutlarının nispeten arttığı görülmektedir.

ENDTIME ETKİSİ

Control Termination içerisinde analizi sonlandırmak için girdiler bulunur. Burada ENDTIM: Termination Time ile analizin zaman olarak sonlanacağı süre girilir. Bu örnekte bu sürenin analiz süresini ne kadar etkilediği incelenmiştir. Temel modelde ENDTIM=0.5s iken ikinci modelde ENDTIM=1.0s girilmiştir.

Çekirdek	Endtime	Saniye	Süre
1	0.5 s	3824	1 hours 3 minutes 44 seconds
2	0.5 s	2265	0 hours 37 minutes 45 seconds
4	0.5 s	1518	0 hours 25 minutes 18 seconds
8	0.5 s	1352	0 hours 22 minutes 32 seconds
1	1.0 s	7662	2 hours 7 minutes 42 seconds
2	1.0 s	5040	1 hours 24 minutes 0 seconds
4	1.0 s	3436	0 hours 57 minutes 16 seconds
8	1.0 s	2659	0 hours 44 minutes 19 seconds

TABLO 7: ENDTIME ETKİSİ



ŞEKİL 9: ENDTIME ETKİSİ

Sonuçlar karşılaştırıldığında analiz süresinin termination time ile paralel arttığı görülmüştür, çözüm süreleri 2 kat artmıştır.

SUPERPOZE KARŞILAŞTIRMA

Son örnek olarak temel model ile süperpoze edilmiş bir model karşılaştırılacaktır. Superpoze modelde daha önce tek tek incelenen durumların hep birlikte etkilerinin sonuçlarına bakılacaktır.

	NIP	History Node	History Shell	DT	Mesh Type	Time Step	ENDTIM	d3plot NPLTC
Temel Model	3	-	-	-	Coarse	6E-07	0.5 s	-
Superpoze Model	7	200	200	1.00E-06	Fine	3E-07	1.0 s	100

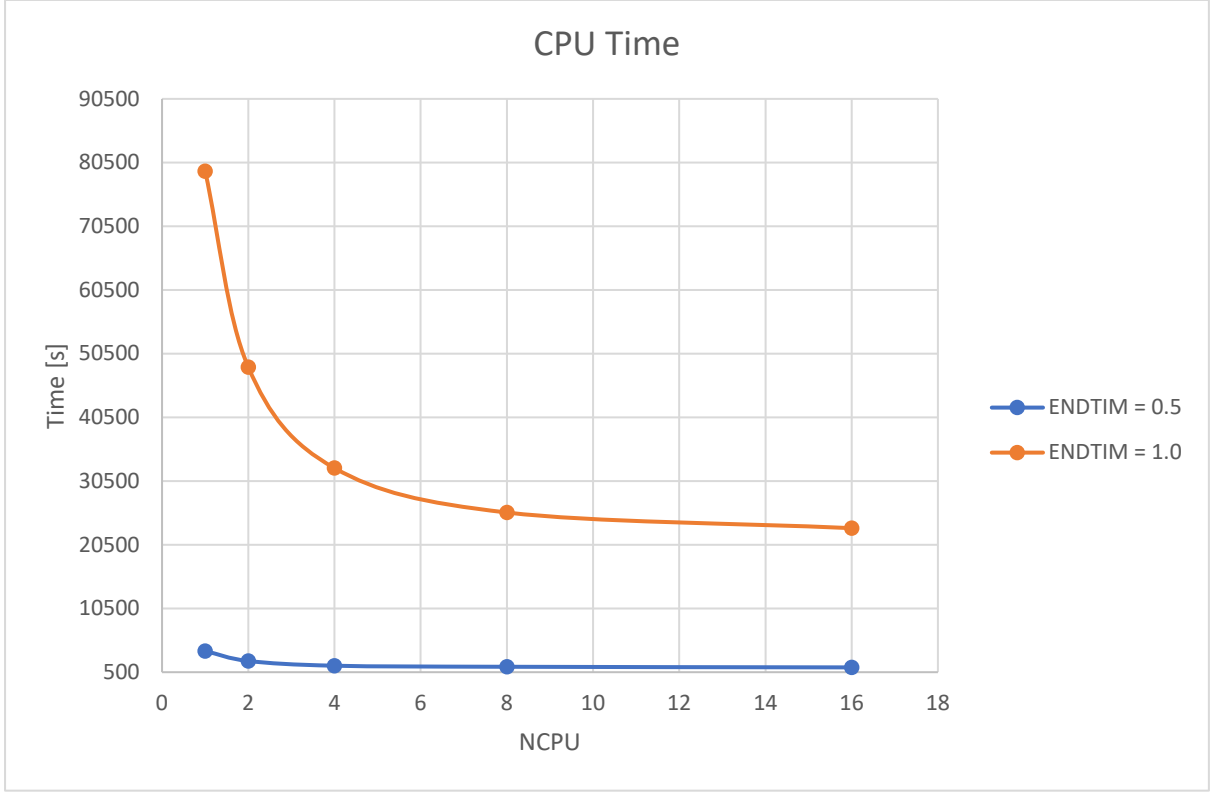
TABLO 8: TEMEL VE SUPERPOZE MODEL KARŞILAŞTIRMASI

Temel model 3.70-4.17 mm meshlerden oluşmaktadır. Number of through thickness integration points 3 olarak seçilmiştir. Database History' ye ekleme yapılmamıştır. Database D3plot aktif edilmemiştir. Termination Time 0.5 saniyedir.

Superpoze model 1.85-2.08 mm meshlerden oluşmaktadır. Number of through thickness integration points 7 olarak seçilmiştir. Database History Node ve Shell'e iki yüzer eleman ekleme yapılmıştır ve 1E-6 saniyede bir veri istenmiştir. Database D3plot NPLTC=100 girilmiştir. Termination Time 1.0 saniyedir.

	Çekirdek	Saniye	Süre	Boyut
Temel	1	3824	1 hours 3 minutes 44 seconds	32 MB
	2	2265	0 hours 37 minutes 45 seconds	32 MB
	4	1518	0 hours 25 minutes 18 seconds	32 MB
	8	1352	0 hours 22 minutes 32 seconds	32 MB
	16	1254	0 hours 20 minutes 54 seconds	32 MB
Superpoze	1	79172	21 hours 59 minutes 32 seconds	173 GB
	2	48408	13 hours 26 minutes 48 seconds	193 GB
	4	32548	9 hours 2 minutes 28 seconds	193 GB
	8	25568	7 hours 6 minutes 8 seconds	193 GB
	16	23110	6 hours 25 minutes 10 seconds	193 GB

TABLO 9: SUPERPOZE ETKİLER



ŞEKİL 10: SUPERPOZE ETKİLER

Sonuç

Superpoze etkilerin temel modele göre yaklaşık 20 kat daha uzun sürelerle çıktığı görülmektedir. Girdilerin birbirini çarpım olarak etkilediği anlaşılmaktadır. Çekirdek etkileri de incelendiğinde buradan şu sonuç anlaşılabilir, model karmaşıklıklaştıkça çekirdek etkileri daha önemli hale gelmektedir. Gereksiz varsayılan ayarlar ile ilerlenebilir fakat iyi bir LS-Dyna modeli hazırlama, yakınsamayı sağlamak kadar modeli gereksiz isterler ile şişirmemekten de geçer.