DCB 2025
III Младежка научна конференция с международно участие
„Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“, 29 октомври 2025 г., София
III Youth Scientific Conference with international participation
„Design and Construction of Buildings and Facilities“, October 29, 2025, Sofia, Bulgaria
ISSN 2738-7887 (online); ISSN 2738-7879 (CD-ROM)

ОПТИМИЗАЦИОННИ РЕШЕНИЯ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕТО НА СТОМАНОБЕТОННИ ПЛОЧИ С ГРЕДОВИ КОФРАЖИ

Елеонора Жишкина[1], Лъчезар Хрисчев[2], Георги Иванов[3], Биляна Донева[4], Иван Атанасов[5]

OPTIMIZATION SOLUTIONS IN THE EXECUTION OF REINFORCED CONCRETE SLABS WITH GIRDER FORMWORK

Eleonora Zhishkina[1], Lachezar Hrischev[2], Georgi Ivanov[3], Bilyana Doneva[4], Ivan Atanasov[5]

Abstract:
Girder formwork systems are a commonly used solution for shuttering reinforced concrete slabs. This paper investigates the relationship between the utilization rate of formwork elements and the cost of those elements in the execution of reinforced concrete slabs. For a representative floor slab, five variants with different levels of formwork element utilization were considered. Based on the resulting quantities, cost estimates were prepared for the main components – formwork plywood, timber girders, adjustable telescopic props, and others. The analyses show that proper design of girder formwork has a significant impact on the material cost of formwork. The results support the need for an optimized distribution of elements to achieve economic efficiency.

Keywords:
Reinforced concrete slab, Girder formwork, Optimization

[1] Елеонора Жишкина, студент, катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: sfac.17435@uacg.bg;
Eleonora Zhishkina, student, Department „Construction Technology and Mechanization”, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H.Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sfac.17435@uacg.bg.
[2] Лъчезар Хрисчев, доц. д-р инж., катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: lhrischev_fce@uacg.bg;
Lachezar Hrischev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Department „Construction Technology and Mechanization”, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H.Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: lhrischev_fce@uacg.bg.
[3] Георги Иванов, гл. ас. д-р инж., катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: givanov_fce@uacg.bg;
Georgi Ivanov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Department „Construction Technology and Mechanization”, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H.Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: givanov_fce@uacg.bg.
[4] Биляна Донева, студент, катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: sfac.17491@uacg.bg;
Bilyana Doneva, student, Department „Construction Technology and Mechanization”, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H.Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sfac.17491@uacg.bg.
[5] Иван Атанасов, студент, катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: sfac.17486@uacg.bg;
Ivan Atanasov, student, Department „Construction Technology and Mechanization”, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H.Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sfac.17486@uacg.bg.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Оптимизацията на строителните процеси е ключов фактор за повишаване на ефективността и конкурентоспособността в съвременното строителство. Рационалното използване на кофражните системи е едно от основните направления за подобрение, тъй като те формират приблизително 25-30% от себестойността при изпълнението на стоманобетонни етажни плочи [1]. Цената за производство на един квадратен метър стоманобетонна конструкция може да варира значително в зависимост от вида и сложността на обекта. Докато стойностите на бетона и армировката са относително сходни при различни изпълнители, разходите за кофраж и свързаните с него дейности често се различават съществено [2]. Те зависят от вида на кофражната система, нейното съответствие с геометрията на обекта, начина на разпределение на кофражните елементи и ефективността на работата на строителните работници. Проектирането и планирането на кофража още в етапа на организацията на строителния процес е от ключово значение. Това в пълна степен се отнася при използване на кофражни системи за ранно декофриране, имайки предвид спецификите на този тип системи, както и напрегнатото и деформирано състояние на конструкциите при изпълнението [3-5]. Предварителното планиране също така позволява ясно определяне на сроковете, ресурсите и трудоемкостта на изпълнението, както и по-добра организация на строителната площадка [6, 7].

Гредовите кофражни системи са сред най-разпространените решения поради възможността за лесна адаптация към различни геометрични форми и относително бърз монтаж [8, 14]. Въпреки това, изследванията показват, че разходът на ресурси при използването на гредови кофражи не винаги е оптимален спрямо изискванията за безопасност, времетраене и икономическа ефективност [9]. При подбора на кофражна система трябва да се вземат предвид редица фактори , в т.ч изисквания за качество, разходи за труд, време за кофриране и декофриране, срокове за декофриране, темповете на изграждане на сградите и др. [13, 15].

При планиране на изпълнението и проектирането на кофража могат да се използват софтуерни продукти, като например фирмени конфигуратори за гредови кофражи и др. Тези инструменти позволяват извършване на количествено-технически анализ и оценка на ефективността при използване на основните елементи на системата – главни и второстепенни греди, подпори и хидрофобен шперплат [10]. В този контекст оптимизацията не означава просто промяна в количествата материали, а рационално разположение на кофражните елементи и натоварването, оценявани чрез процентната ефективност.

В настоящия доклад се разглежда оптимизацията на избора и използването на кофраж за плочи при изграждането на монолитни стоманобетонни конструкции. Представени са резултатите от изследване, целящо оптимизация на гредови кофраж за стоманобетонна плоча с размери 10/10 m. Анализирани са пет нива на ефективност – 20%, 40%, 60%, 80% и 100%, като са разгледани зависимостите между степента на оптимизация, използваните ресурси и крайната себестойност на кофражната конструкция. Акцентът е поставен върху икономическият ефект от прецизното планиране на кофражните работи.

2. МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

2.1. Описание на постановката

Изследваната конструкция представлява стоманобетонна плоча с размери 10/10 m с дебелина 20 cm. Светлата височина на помещението е 2,80 m, което определя необходимата работна височина на кофражната система и избора на подходящи подпорни елементи. За кофрирането е използвана кофражна система PERI Multiflex, включваща [11]:

• Пълностенни дървени греди VT20K, използвани както като главни, така и като второстепенни греди.

• Трислоен кофражен шперплат (3-S-Ply) с дебелина 21 mm и размери 1500/2500 mm, осигуряващ равномерна и устойчива повърхност за бетониране.

• Телескопични подпори PEP Ergo B-300, позволяващи адаптация към необходимата височина и осигуряващи носимоспособност при монтаж и експлоатация на кофража.

2.2. Определяне на степента на оптимизация

За определяне на степента на оптимизация на вложените материали е използван софтуерен продукт MULTIFLEX Configurator [10]. При зададени параметри – светла височина, дебелина на плочата, комбинация от кофражни греди, вид на шперплата, вид и разположение на подпорите, както и разстояния между главни и второстепенни греди, конфигураторът изчислява процентната ефективност на всяка част от кофражния комплект. В рамките на изследването, видът на използваните материали остава непроменен, като се варира с разстоянията между отделните елементи, с цел определяне на различната степен на оптимизация, изразена чрез процента на ефективно използване. Резултатите, получени чрез софтуерния продукт, са подкрепени с количествено-стойностни сметки за всеки един от вариантите, с цел да се визуализира взаимовръзката между степента на ефективно използване на елементите и произтичащите от това технико-икономически ефекти.

3. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

По време на изследването са разгледани общо 5 варианта, при които степента на оптимизация варира между 20 и 100%, отнасящи се за конструктивно поле с площ от 100 m^2. След определяне на геометричната конфигурация на кофража за всеки вариант са изготвени обобщени количествено-стойностни сметки на база единичните цени на материалите. Единичните цени на отделните кофражни елементи са съгласно ценовата листа, официално предоставена за нуждите на PERI Construction Exercise 2022/2023 [12] и са без ДДС. Следва изрично да се отбележи, че представените цени към момента на разработване на доклада не са актуални и в никакъв случай не следва да се приемат като универсални, а напротив - могат значително да варират, при това в много широки граници, в зависимост от конкретните условия, търговски взаимоотношения и съответните пазарни договорености. В рамките на настоящия доклад, цените са използвани единствено и само за илюстриране на ефекта от ефективното планиране на изпълнението на кофражните работи.

Таблиците представят подробно необходимите количества от основните кофражни елементи. Към всяка таблица е приложена и съответната схема за монтаж на кофражните елементи. Схемите визуализират различните нива на ефективност при използване на материала и позволяват ясно проследяване на взаимовръзката между геометричната конфигурация, количествата на вложените ресурси и крайното оразмеряване.

3.1. Анализ на вариантните решения

Степента на оптимизация е определена въз основа на избраните разстояния между основните елементи на кофражната система. Разстоянията a, b и c са съответно разстоянието между второстепенните греди, разстоянието между главните греди и разстоянието между телескопичните подпори. Обобщените стойности на степента на оптимизация (степен на ефективно използване), при съответните вариантни решения са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Степен на оптимизация и разстояния между елементите на кофража

№ вариант	Степен на оптимизацията	Разстояния между елементите		
		a [cm]	b [cm]	c [cm]
Вариант 1	19.1%	33	110	60
Вариант 2	40.5%	43	233	55
Вариант 3	59.7%	53	244	78
Вариант 4	79.9%	60	260	99
Вариант 5	98.4%	66	272	113

При така зададените параметри, степента на използваемост (ефективно използване) на отделните елементи от кофражната система е различна за всеки компонент. Това се дължи на различното им функционално предназначение и геометрично разположение в системата. Подробна информация за всеки от типовете елементи, заедно с конкретната му степен на използваемост, е представена в таблиците по-долу.

3.2. Оценка на разходите за материали при Вариант 1 - степен на оптимизация 19,1%

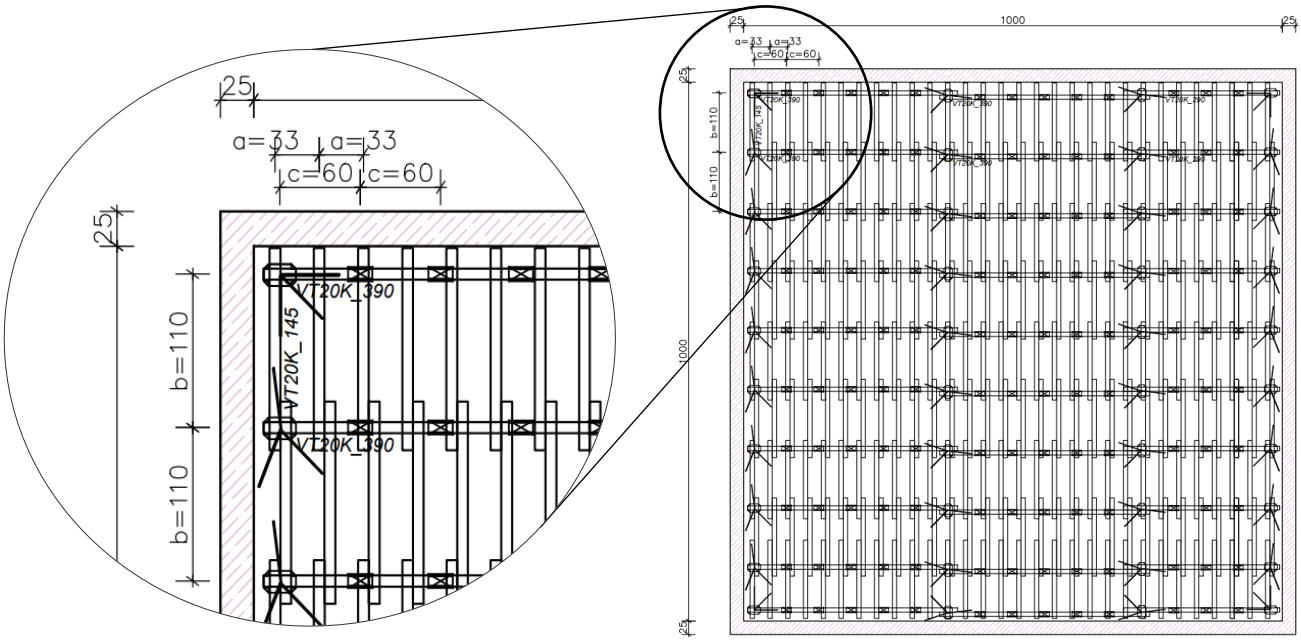
Таблица 2. Ефективно използване на отделните кофражни елементи при степен на оптимизация 19,1%.

№	Вид елемент	Степен на оптимизацията
[1]	*[2]*	*[3]*
1	*Трислоен шперплат - 3-sPly 21mm*	*23,7%*
2	*Второстепенни греди - VT 20K*	*11,2%*
3	*Главни греди - VT 20K*	*21,4%*
4	*Телескопични подпори PEP Ergo B-300*	*20,2%*

Таблица 3. Обобщена количествено-стойностна сметка при степен на оптимизация 19,1%.

№	Наименование на материалите	Единична мярка	Количество за 100 m^2	Стойност, €
1	Шперплат 3-S-Ply 21mm 1500x2500	m^2	100.0	1680,00
2	Греди VT20K l=145	бр.	270.0	7804,80
3	Ггреди VT20K l=290	бр.	9.0	
4	Греди VT20K l=390	бр.	18.0	
5	Телескопични подпори PEP Ergo B-300	бр.	153.0	13582,80
6	Кръстата глава 20/24 S, поц	бр.	36.0	
7	Прихващаща глава 16/20 S, поц.	бр.	117.0	
8	Универсална тринога, поц.	бр.	36.0	
	Общо стойност на кофражните елементи:			23067,60

Анализът на данните, представени в Таблица 2, показва, че степента на използваемост на кофражната система при този вариант е изключително ниска. Това води до значително увеличени разходи за материали, както е видно от стойностите в Таблица 3. На Фигура 1 е илюстрирана технологичната схема на изпълнение на кофражните работи, която ясно показва прекалено гъстото разположение на елементите в системата – основна причина за неефективното им използване и повишената себестойност.



Фигура 1. Технологична схема за изпълнение на кофражни работи – Вариант 1

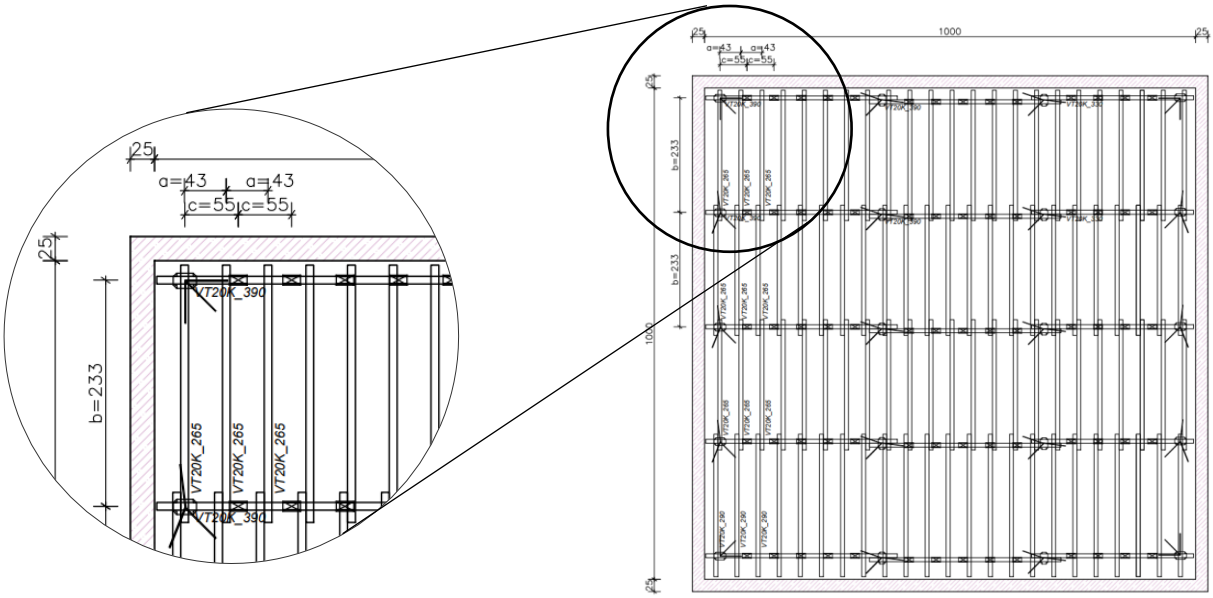
3.3. Оценка на разходите за материали при Вариант 2 - степен на оптимизация 40,5%

Таблица 4. Ефективно използване на отделните кофражни елементи при степен на оптимизация 40,5%.

№	Вид елемент	Степен на оптимизацията
[1]	*[2]*	*[3]*
1	*Трислоен шперплат - 3-sPly 21mm*	*40,3%*
2	*Второстепенни греди - VT 20K*	*41,0%*
3	*Главни греди - VT 20K*	*41,6%*
4	*Телескопични подпори PEP Ergo B-300*	*39,2%*

Таблица 5. Обобщена количествено-стойностна сметка при степен на оптимизация 40,5%.

№	Наименование на материалите	Единична мярка	Количество за 100m^2	Стойност, €
1	Шперплат 3-S-Ply 21mm 1500x2500	m^2	100.0	1680.00
2	Греди VT20K l=290	бр.	23.0	4880.80
3	Ггреди VT20K l=265	бр.	69.0	
4	Греди VT20K l=390	бр.	10.0	
5	Греди VT20K l=330	бр.	5.0	
6	Телескопични подпори PEP Ergo B-300	бр.	90.0	7902.00
7	Кръстата глава 20/24 S, поц	бр.	20.0	
8	Прихващаща глава 16/20 S, поц.	бр.	70.0	
9	Универсална тринога, поц.	бр.	20.0	
	Общо стойност на кофражните елементи:			14462.80



Фигура 2. Технологична схема за изпълнение на кофражни работи – Вариант 2

Сравнението с предходния вариант показва, че при настоящата конфигурация, характеризираща се с увеличено междуосие на главните греди, се постига значително по-ефективно използване на ресурсите. Количеството на необходимите материали намалява с около 60%, което води съответно и до 63% по-ниски разходи.

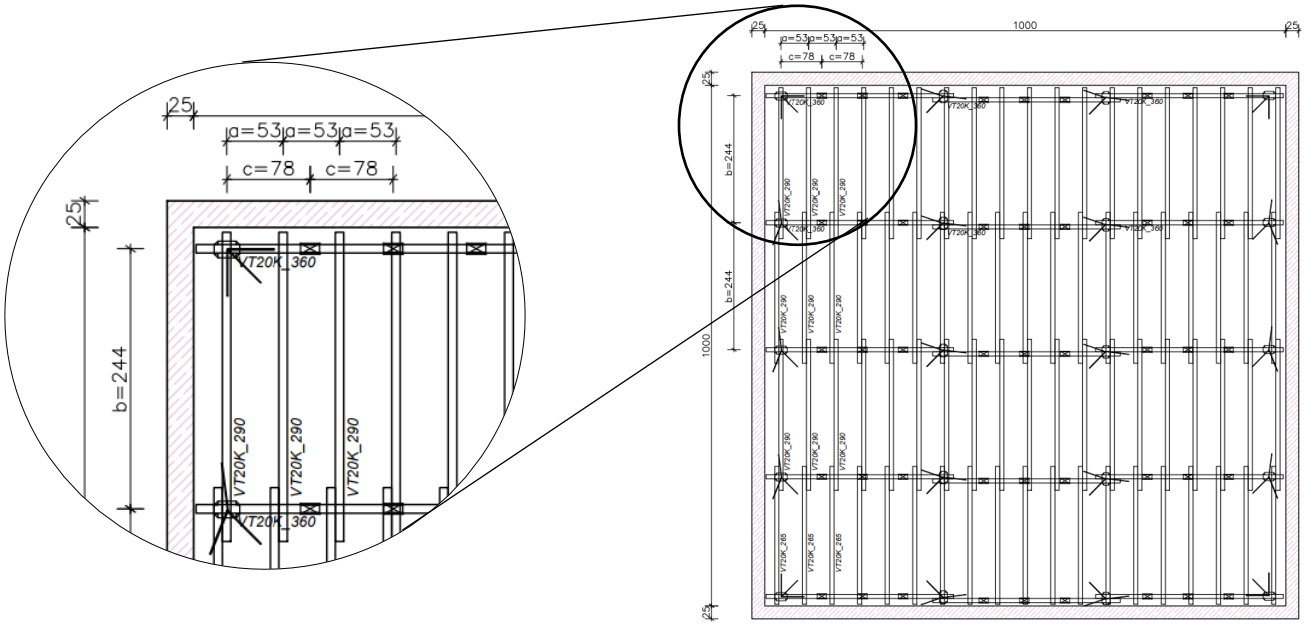
3.4. Оценка на разходите за материали при Вариант 3 - степен на оптимизация 59,7%

Таблица 6. Ефективно използване на отделните кофражни елементи при степен на оптимизация 59,7%.

№	Вид елемент	Степен на оптимизацията
[1]	*[2]*	*[3]*
1	*Трислоен шперплат - 3-sPly 21mm*	*61,2%*
2	*Второстепенни греди - VT 20K*	*57,6%*
3	*Главни греди - VT 20K*	*61,8%*
4	*Телескопични подпори PEP Ergo B-300*	*58,3%*

Таблица 7. Обобщена количествено-стойностна сметка при степен на оптимизация 59,7%.

№	Наименование на материалите	Единична мярка	Количество за 100m^2	Стойност, €
1	Шперплат 3-S-Ply 21mm 1500x2500	m^2	100.0	1680.00
2	Греди VT20K l=290	бр.	57.0	4314.40
3	Ггреди VT20K l=265	бр.	19.0	
4	Греди VT20K l=360	бр.	15.0	
5	Телескопични подпори PEP Ergo B-300	бр.	65.0	6122.00
6	Кръстата глава 20/24 S, поц	бр.	20.0	
7	Прихващаща глава 16/20 S, поц.	бр.	45.0	
8	Универсална тринога, поц.	бр.	20.0	
	Общо стойност на кофражните елементи:			12116.40



Фигура 3. Технологична схема за изпълнение на кофражни работи – Вариант 3

На Фигура 3 е представена технологичната схема за изпълнение на кофражни работи при степен на оптимизация 59,7%. В този вариант разстоянията между основните елементи на кофражната система са както следва: 244 cm между главните греди, 53 cm между второстепенните греди и 78 cm между телескопичните подпори. Сравнението на тези стойности с параметрите, показани на Фигура 1 и Фигура 2, разкрива съществени разлики в разходната ефективност. Вариант 1 се характеризира с приблизително 90% по-висока цена спрямо Вариант 3, докато разликата между Вариант 2 и Вариант 3 е около 20%, което подчертава значителното подобрение в оптимизацията на ресурсите при последния вариант.

3.5. Оценка на разходите за материали при Вариант 4 - степен на оптимизация 79,9%

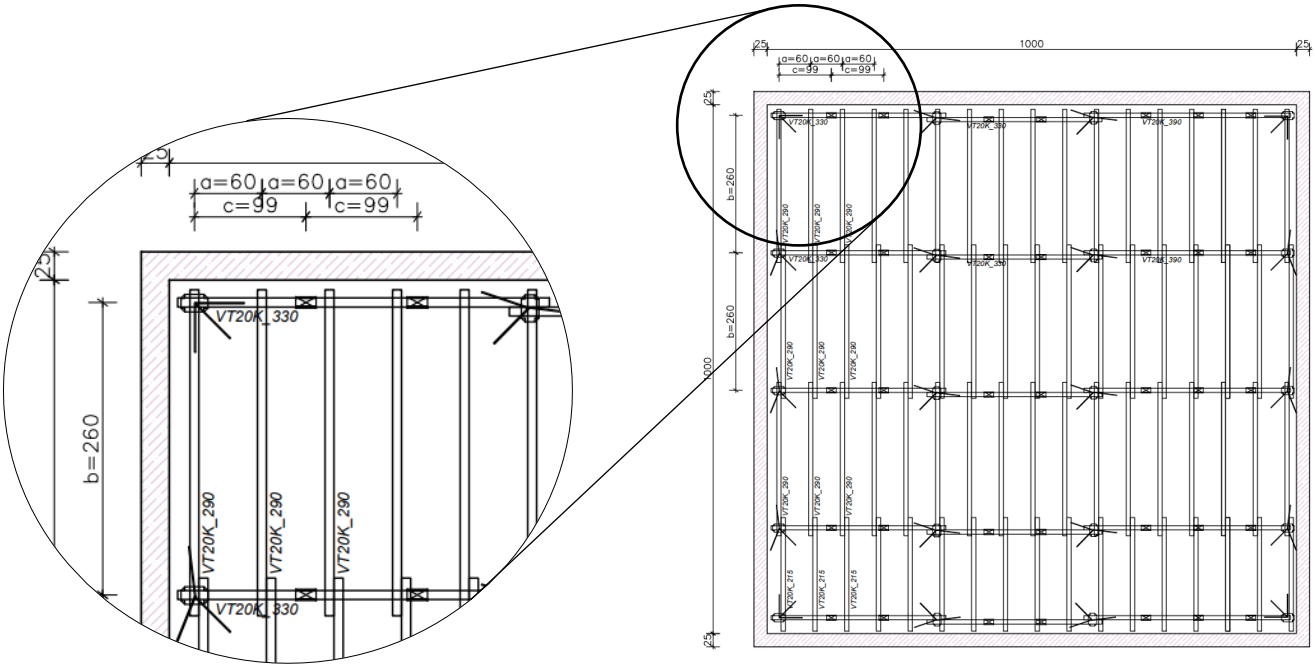
Таблица 8. Ефективно използване на отделните кофражни елементи при степен на оптимизация 79,9%.

№	Вид елемент	Степен на оптимизацията
[1]	*[2]*	*[3]*
1	*Трислоен шперплат - 3-sPly 21mm*	*78,4%*
2	*Второстепенни греди - VT 20K*	*78,9%*
3	*Главни греди - VT 20K*	*83,6%*
4	*Телескопични подпори PEP Ergo B-300*	*78,8%*

Таблица 9. Обобщена количествено-стойностна сметка при степен на оптимизация 79,9%.

№	Наименование на материалите	Единична мярка	Количество за 100m^2	Стойност, €
1	Шперплат 3-S-Ply 21mm 1500x2500	m^2	100.0	1680.00
2	Греди VT20K l=290	бр.	51.0	3791.20

3	Ггреди VT20K l=215	бр.	17.0	
4	Греди VT20K l=330	бр.	10.0	
5	Греди VT20K l=390	бр.	5.0	
6	Телескопични подпори PEP Ergo B-300	бр.	55.0	5410.00
7	Кръстата глава 20/24 S, поц	бр.	20.0	
8	Прихващаща глава 16/20 S, поц.	бр.	35.0	
9	Универсална тринога, поц.	бр.	20.0	
	Общо стойност на кофражните елементи:			10881.20



Фигура 4. Технологична схема за изпълнение на кофражни работи – Вариант 4

В сравнение с предходните варианти настоящият се отличава основно с увеличените разстояния между главните греди и телескопичните подпори. В резултат на тази конфигурация необходимото количество материали намалява приблизително четири пъти, а материалните разходи са над два пъти по-ниски, което подчертава значително по-добрата ефективност на системата.

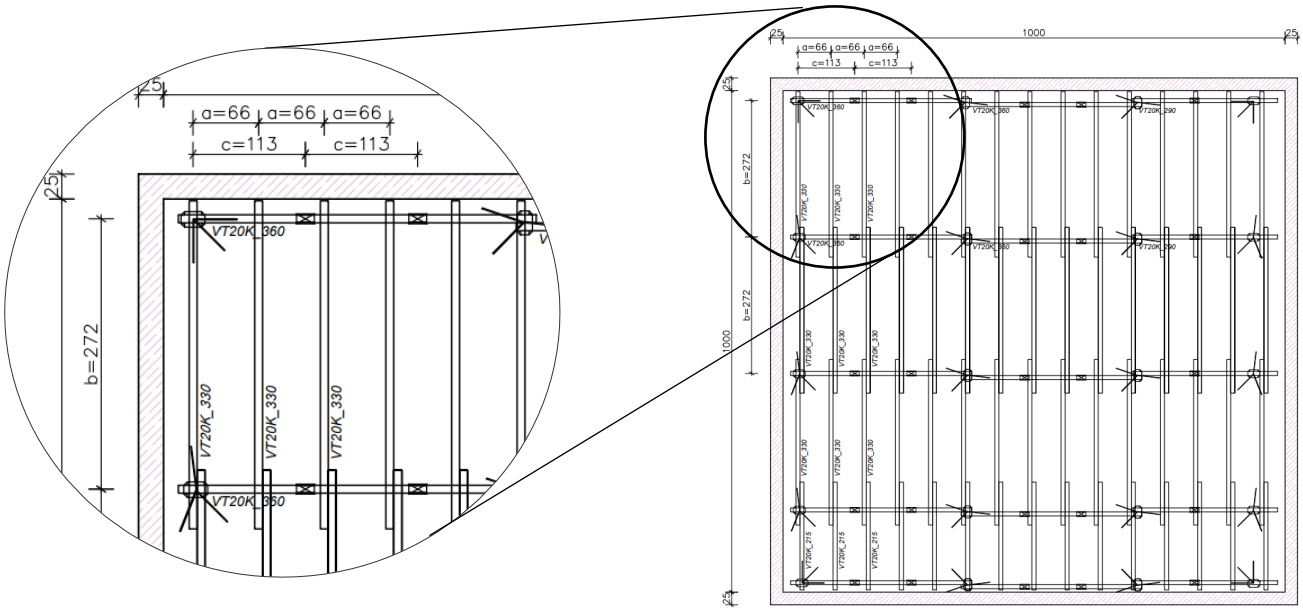
3.6. Оценка на разходите за материали при Вариант 5 - степен на оптимизация 98,4%

Таблица 10. Ефективно използване на отделните кофражни елементи при степен на оптимизация 98,4%.

№	Вид елемент	Степен на оптимизацията
[1]	*[2]*	*[3]*
1	*Трислоен шперплат - 3-sPly 21mm*	*99,8%*
2	*Второстепенни греди - VT 20K*	*100,0%*
3	*Главни греди - VT 20K*	*99,6%*
4	*Телескопични подпори PEP Ergo B-300*	*94,1%*

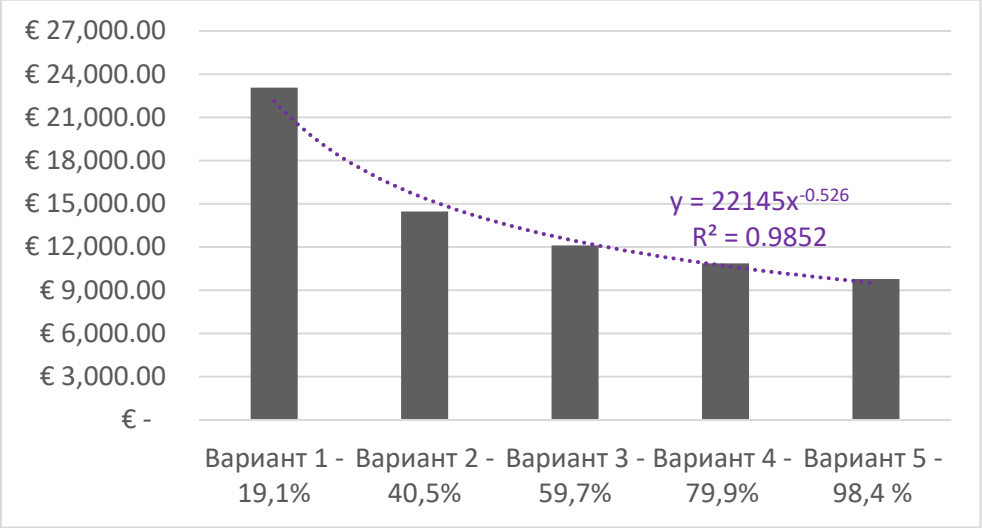
Таблица 11. Обобщена количествено-стойностна сметка при степен на оптимизация 98,4%

№	Наименование на материалите	Единична мярка	Количество за 100m^2	Стойност, €
1	Шперплат 3-S-Ply 21mm 1500x2500	m^2	100.0	1680.00
2	Греди VT20K l=330	бр.	45.0	3700.00
3	Ггреди VT20K l=215	бр.	15.0	
4	Греди VT20K l=360	бр.	10.0	
5	Греди VT20K l=290	бр.	5.0	
6	Телескопични подпори PEP Ergo B-300	бр.	45.0	4698.00
7	Кръстата глава 20/24 S, поц	бр.	20.0	
8	Прихващаща глава 16/20 S, поц.	бр.	25.0	
9	Универсална тринога, поц.	бр.	20.0	
	Общо стойност на кофражните елементи:			10078.00



Фигура 5. Технологична схема за изпълнение на кофражни работи – Вариант 5

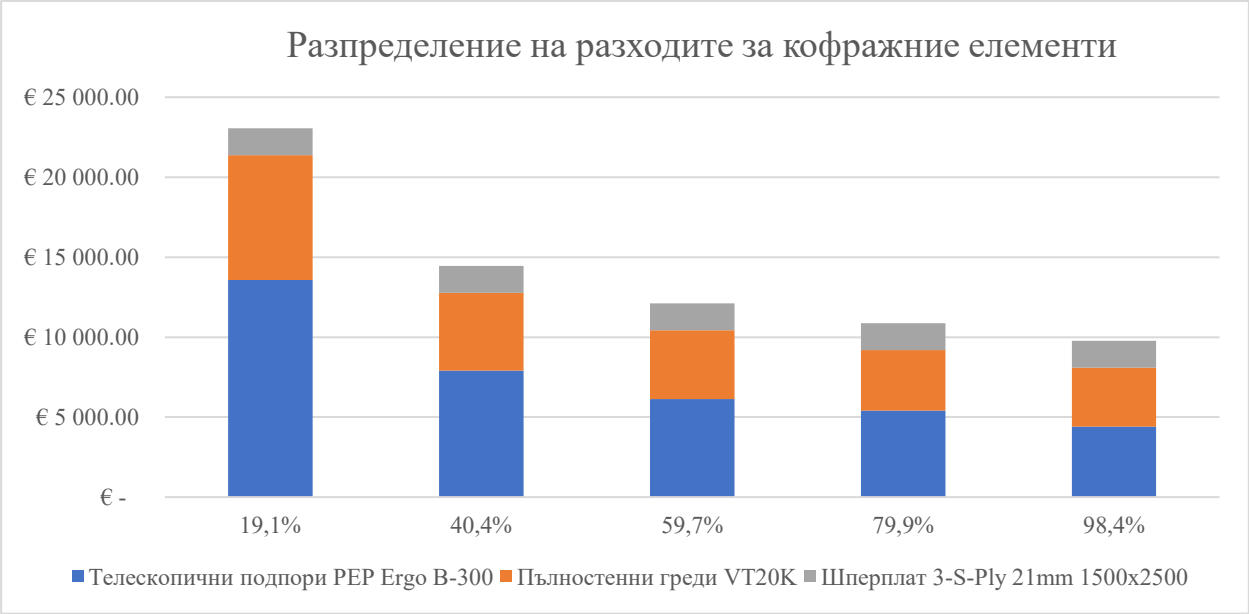
Сравнителният анализ, спрямо Вариант 1 показва значителни разлики в геометричните параметри и в разходната ефективност. При Вариант 1 разстоянието между главните греди е 110 cm, докато в настоящия вариант то е 272 cm – почти три пъти по-голямо, което води до съществено намаление на необходимите греди. Аналогично, разстоянието между телескопичните подпори е увеличено от 60 cm при Вариант 1 на 113 cm при Вариант 5, което представлява близо двукратна разлика. В резултат на тези изменения, себестойността на необходимите материали е приблизително три пъти по-ниска в сравнение с Вариант 1, при който степента на оптимизация е едва 20%. Това подчертава значението на правилния избор на разстояния между елементите за постигане на ресурсна и икономическа ефективност.



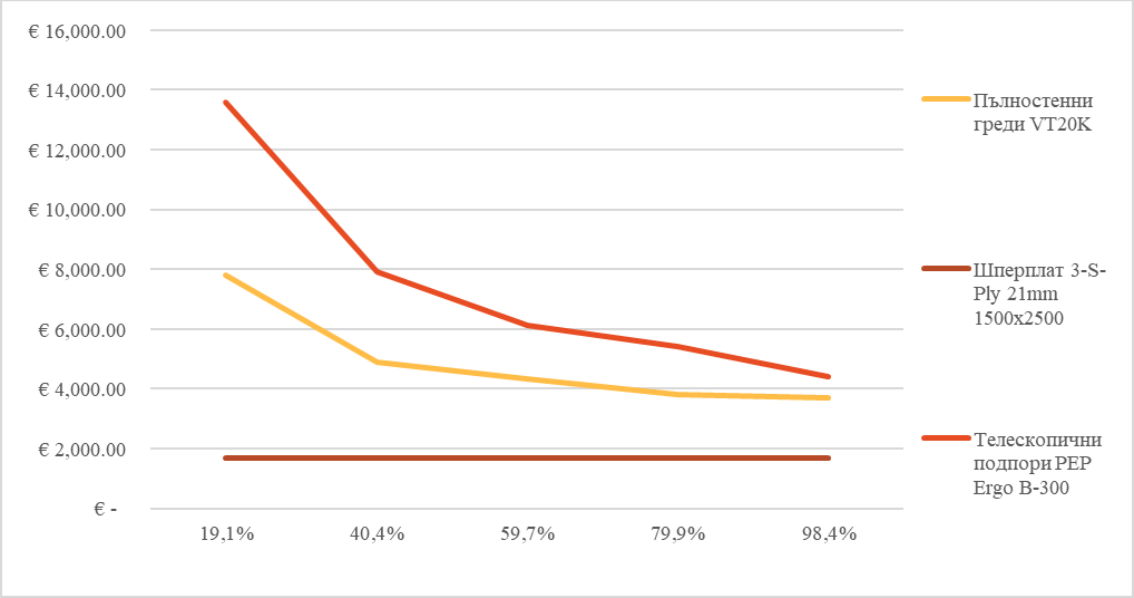
Фигура 6. Разпределение на разходите в зависимост от степента на оптимизация

На Фигура 6 графично е представена зависимостта между степента на използване на кофражната система и разходите за материали. Ясно се вижда, че с повишаването на степента на оптимизация разходите намаляват, което се обяснява с факта, че прецизирането на броя на кофражните елементи е ключов фактор за оптимизиране на разходите за материали, както и за намаляване на общите разходи в целия строителен процес.

Изведената корелационна крива представлява степенна функция, която описва зависимостта между променливите. Чрез изведената зависимост може да се направи прогноза за поведението на цената при промяна на параметрите. Също така, високата стойност на коефициента на детерминация показва, че е налична силна корелационна зависимост между процента на ефективно използване и себестойността на необходимите материали.



Фигура 7. Разпределение на разходите за кофражни елементи



Фигура 8. Изменение на разходите по типове кофражни елементи в зависимост от степента на оптимизация

Анализирайки резултатите, представени на фиг. 7, може да се заключи, че най-голям дял от общите разходи за кофражната система заемат телескопичните подпори, следвани от пълностенните греди. Обшивката от хидрофобен шперплат има сравнително малък принос към общите разходи и запазва постоянна стойност при всичките вариантни решения.

От резултатите на Фиг. 8 се вижда, че с увеличаване на степента на ефективно използване (оптимизация) разходите за телескопични подпори и за пълностенни греди намаляват. Прави впечатление, че процентното намаление на разходите за телескопични подпори е по-голямо в сравнение с това при дървените греди за кофраж. Следователно може да се обобщи, че едно от направленията за повишаване на ефективността следва да е насочено към оптимизирането на броя на телескопичните подпори.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По-високата степен на ефективно използване на кофражните системи води до по-малко вложени елементи и до по-рационална организация на логистиката. От друга страна, постигането на висока използваемост изисква добра организация на строителния процес и висока квалификация на работната ръка, за да се избегнат технологични престои и загуби на материали на обекта. Това потвърждава твърдението, че по-голямото количество вложени материали не винаги гарантира оптимална ефективност. Особено важно при технологичното планиране на кофражните работи и изготвянето на графици за конкретните обекти е да се отчита максималната възможна използваемост, както и да се извършват предварителни изчисления и разчети за оптимизация на ресурсите.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статията е реализирана с подкрепата на проект BG16RFPR002-1.014-0011 „Устойчиво развитие на Център за върхови постижения „Наследство БГ“, финансиран по процедура за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ № BG16RFPR002-1.014 „Устойчиво развитие на Центрове за върхови постижения и Центрове за компетентност, в т.ч. и на конкретни инфраструктури или техни обединения от Националната пътна карта за научна инфраструктура“.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Baskova R., Tazikova A., Strukova Z., Kozlovska M., Cabala, J., A dynamic model for effective and optimal planning of formwork in construction projects. Buildings, 2023,13 (7), 1794, https://doi.org/10.3390/buildings13071794.

[2] Li W., Lin X., Bao D.W., Xie Y.M., A review of formwork systems for modern concrete construction. Structures, 2022, 38, pp. 52–63, https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.01.089.

[3] Бакърджиев С., Лазова-Велинова О., Предимства при използване на кофражни системи за ранно декофриране при изграждането на стоманобетонни междуетажни конструкции, Сборник с доклади от XVI Международна научна конференция ВСУ’2016, том II, София, 2016.

[4] Bakardzhiev S., Experimental study of flat reinforced concrete slabs created in the method of early striking, 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 951 012010, https://doi.org/10.1088/1757-899X/951/1/012010.

[5] Бакърджиев С., Лазова-Велинова О., Изследване начините за ранно декофриране чрез използване на обикновени кофражни системи, Сборник с доклади от XVI Международна научна конференция ВСУ’2016, том II, София, 2016.

[6] Stoyanov V., Stoyanov A., Planning of labor resources and their impact on the construction site temporary facilities, Conference proceedings of International Scientific Conference iNDiS2018, Novi Sad, Serbia, 2018, ISBN 978-86-6022-105-8, pp. 631-635.

[7] Stoyanov V., Stoyanov A., Problems and solutions to ensure of stock on the construction site, Conference proceedings of Monitoring, assessment and rehabilitation of structures MASE 18 International Symposium, Ohrid, N Makedonia, 2019, ISBN: 978-608-4510-35-2, pp. 1564-1570.

[8] Terzioglu T., Polat G., Turkoglu H., Analysis of formwork system selection criteria for building construction projects: a comparative study, Buildings, 2021, 11(12), 618, https://doi.org/10.3390/buildings11120618.

[9] Николова В., Хрисчев Л., Сравнителен анализ на вариантни решения за изпълнение на стоманобетонни елементи на сграда с монолитна конструкция, Сборник с доклади от XIII Международна научна конференция „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“, 12-13 септември 2024 г, Варна, 2024, ISSN 2603-4255 (CD-ROM), ISSN 2683-071X (online), стр. 254-271.

[10] PERI MULTIFLEX Configurator, https://apps.peri.com/MULTIFLEX/index.php?lang=en [посетен на 30 август 2025 г.].

[11] Instructions for Assembly and Use – Standard Configuration, MULTIFLEX Girder Slab Formwork, Edition 08/2014.

[12] PERI construction exercise 2023 (Task , Price list. etc.)

[13] Brazas G., Daukšys M., Šadauskienė J., Augonis M., Kelpša S., Productivity Analysis of Concrete Slab Construction by Using Different Types of Formwork, Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering , Vol. 2, Issue No. 15, 2016, pp. 38-46 http://dx.doi.org/10.5755/j01.sace.15.2.15789

[14] Богданова Е.,Проучвания за използваните кофражни системи в централна градска част на София при високи сгради, Сборник с доклади на II Младежка научна конференция с международно участие „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“, 09-10 ноември 2023г., София, ISSN 2738-7887 (online); ISSN 2738-7879 (CD-ROM), стр. 127-133.

[15] Белева К., Фактори, влияещи върху скоростта на изпълнение на монолитни стоманобетонни конструкции, Сборник с доклади на XXV Международна научна конференция ВСУ’2025, 23-25 октомври 2025 г., София, том II, ISSN 1314-071X, стр. 243-252.