



Влияние транспортных осевых нагрузок, типов шин и уровня давления воздуха в шинах на транспортно-эксплуатационные характеристики дорог

Петри Варин

Магистр наук в области гражданского инжиниринга

Roadscanners Oy,

Финляндия



Цели презентации

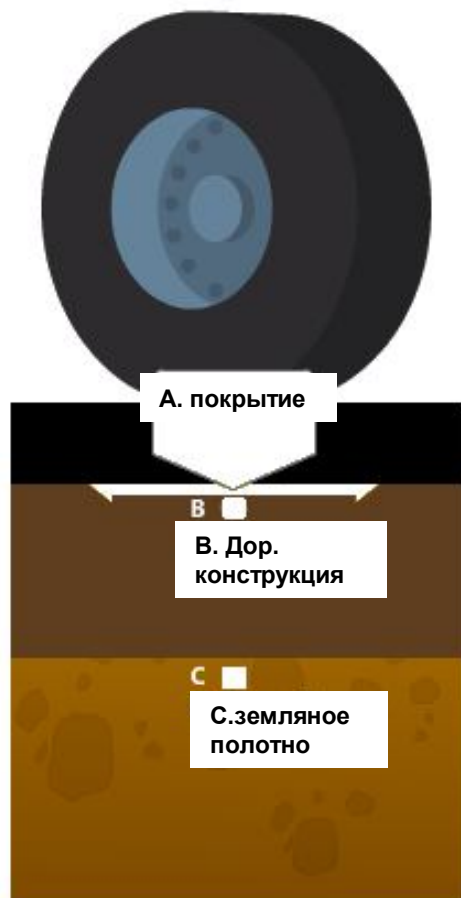
- Понимание критических усилий и напряжений в дорожных конструкциях и мест их приложения с учетом возможного развития разрушений и/или остаточных деформаций.
- Понимание влияния следующих параметров на разные слои дорожной конструкции и транспортно-эксплуатационные характеристики дороги:
 - Конфигурация осей (вес каждой оси/осевой группы, расстояние между осями, число осей)
 - Тип шин (Супер сингл – Макси - Сдвоенные)
 - Давление воздуха в шинах (применение систем контроля давления воздуха в шинах)



This Project is financed by EU



Критические точки приложения нагрузки в дорожных конструкциях



Усилия и напряжения в следующих трех точках рассматриваются как наиболее критические с позиции возможных разрушений и развития остаточных деформаций в дорожных конструкциях:

- А. Горизонтальные деформации при растяжении в подошве связных слоев
→ Высокие показатели в данной точке указывают на риск усталости покрытия.
- В. Вертикальные деформации при сжатии в верхней части несвязных слоев
→ усилия и напряжения в данной точке наиболее критичны с позиции развития колейности 1 степени.
- С. Вертикальные сжимающие напряжения на поверхности земляного полотна
→ усилия и напряжения в данной точке наиболее критичны с позиции развития колейности 2 степени



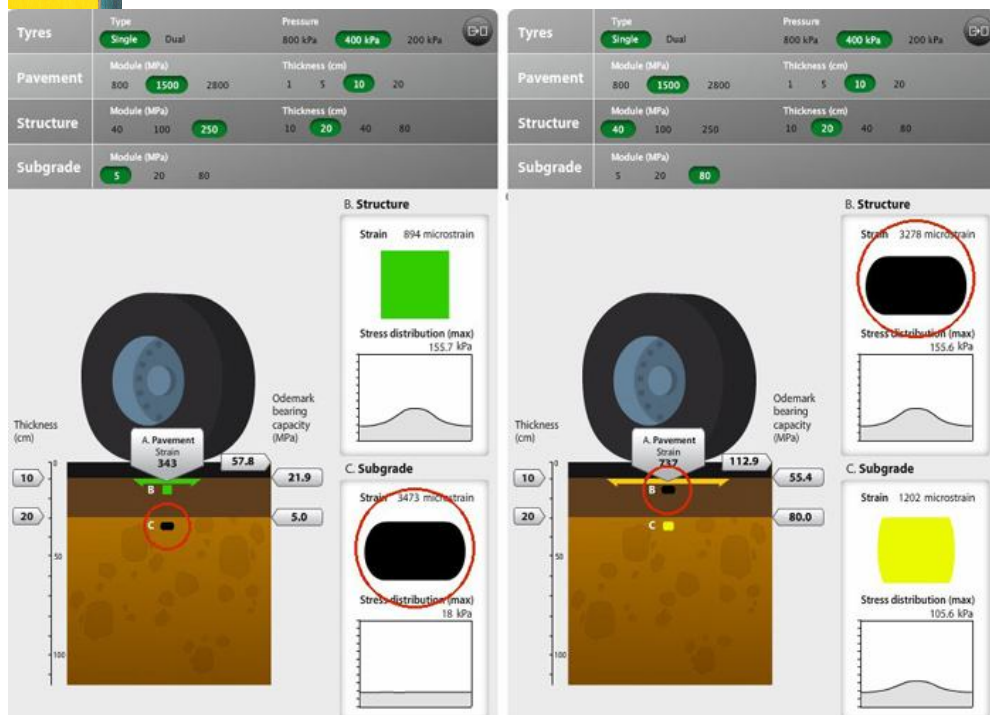
This Project is financed by EU



Модуль упругости и несущая способность



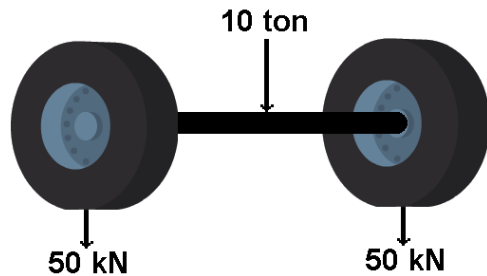
- Модуль упругости характеризует прочность/жесткость материала, т.е. его способность нести и распределять нагрузку.
- В идеальной дорожной конструкции модули упругости материалов слоев дорожной одежды должны уменьшаться от верха конструкции к низу.
- Несущая способность на поверхности покрытия будет определяться свойствами грунтов земполотна и каждого структурного слоя дорожной одежды.
- Усилия и напряжения в каждом слое и в земполотне должны быть ниже предельно допустимых значений.
- Существует множество способов достижения целевой несущей способности, однако следует учитывать также сопротивление остаточным деформациям в долгосрочном измерении.
- Несущая способность всей конструкции определяется ее «самым слабым звеном», которое может располагаться в разных точках дорожной одежды или земполотна



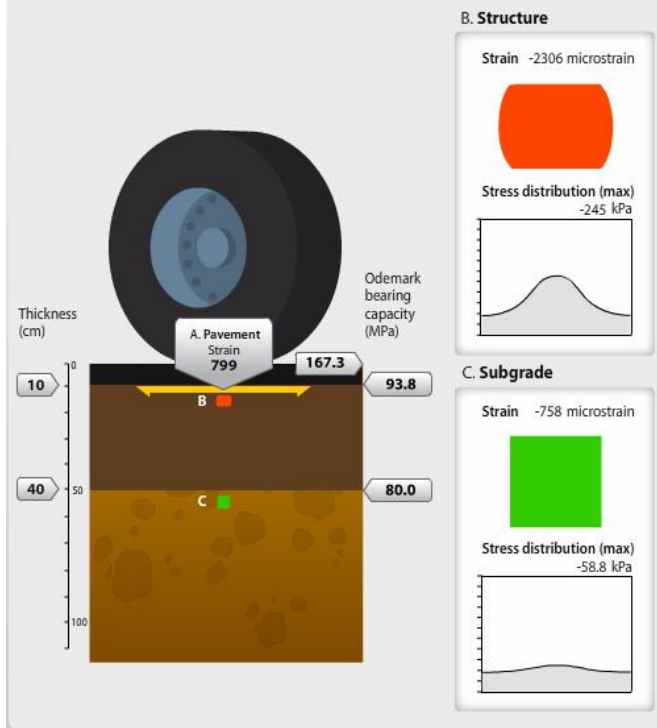


“Демо-версия расчетов усилий и напряжений ROADEX”

http://www.uleaborg.com/roadex_stress/roadex.html



Tyres	Type	Pressure
	<input checked="" type="radio"/> Super Single <input type="radio"/> Dual	<input checked="" type="radio"/> 800 kPa <input type="radio"/> 400 kPa <input type="radio"/> 200 kPa
A. Pavement	Modulus (MPa) 800 <input checked="" type="radio"/> 1500 <input type="radio"/> 2800	Thickness (cm) 1 5 <input checked="" type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 20
B. Structure	Modulus (MPa) 40 <input checked="" type="radio"/> 100 <input type="radio"/> 250	Thickness (cm) 10 20 <input checked="" type="radio"/> 40 <input type="radio"/> 80
C. Subgrade	Modulus (MPa) 5 20 <input checked="" type="radio"/> 80	www.roadex.org

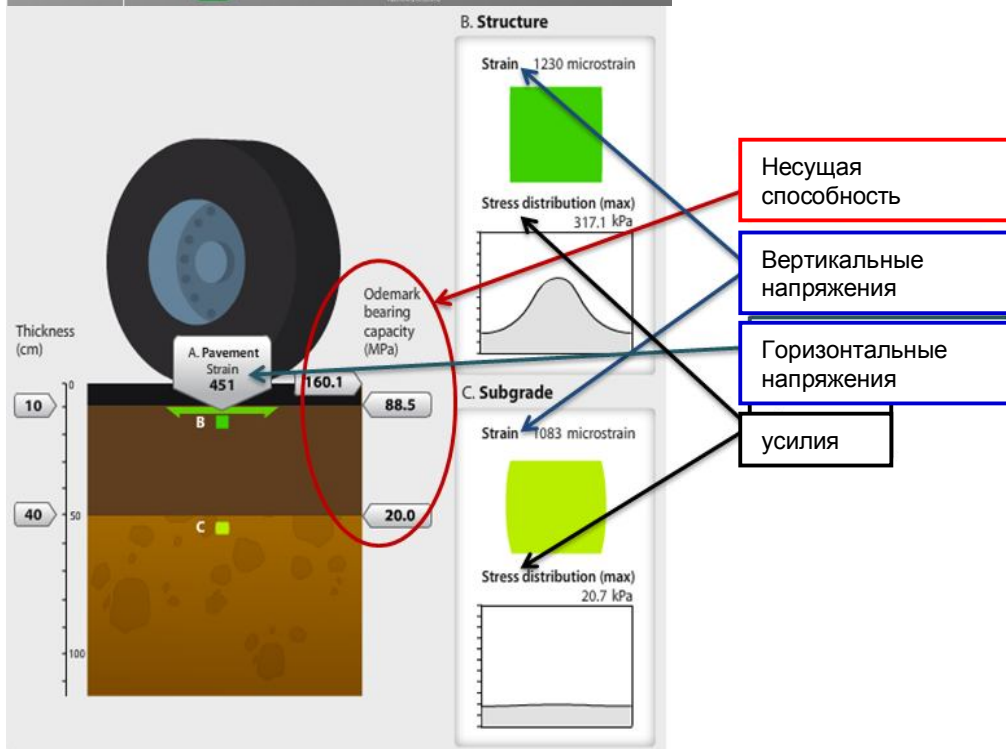


- Колесная нагрузка в демо-версии всегда одинакова – стандартная нагрузка 50 кН, что соответствует нагрузке на ось 10т
- Дорожная конструкция представлена 3 слоями: А. покрытие, В. основание С. земляное полотно
- Опции по типам шин: супер сингл и сдвоенные
- Давление в шинах: 800 кПа (норма), 400 кПа (пониженное) или 200 кПа (очень низкое)
- Модуль упругости связных слоев: 800 МПа (низкий), 1500 МПа (умеренный) или 2800 МПа (достаточный)
- Толщина связных слоев: 1 см (= гравийная дорога), 5 см, 10 см или 20 см
- Модуль упругости несвязных слоев: 40 МПа (низкий), 100 МПа (умеренный) или 250 МПа (достаточный)
- Толщина несвязных слоев: 10 см, 20 м, 40 см или 80 см
- Модуль упругости земляного полотна: 5 МПа (слабые грунты), 20 МПа (умерен.) или 80 МПа (достаточно прочные)



“Демо-версия расчетов усилий и напряжений ROADEX” - Результаты

Tyres	Type	Pressure
	Super Single	Dual
A. Pavement	Modulus (MPa)	Thickness (cm)
	800 1500 2800	1 5 10 20
B. Structure	Modulus (MPa)	Thickness (cm)
	40 100 250	10 20 40 80
C. Subgrade	Modulus (MPa)	
	5 20 80	www.roadex.org



Зеленый = безопасный уровень усилий и напряжений и очень низкий риск разрушений/остаточных деформаций

Желтый = умеренный риск

Красный = высокий риск

Черный = разрушение

Самый слабый слой конструкции определяет общий рейтинг дорожной конструкции.

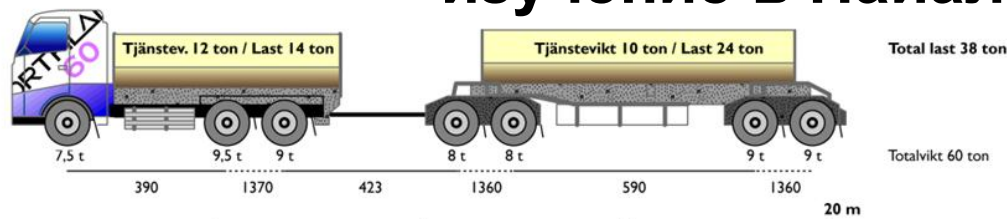
Несущая способность по Одemarkу



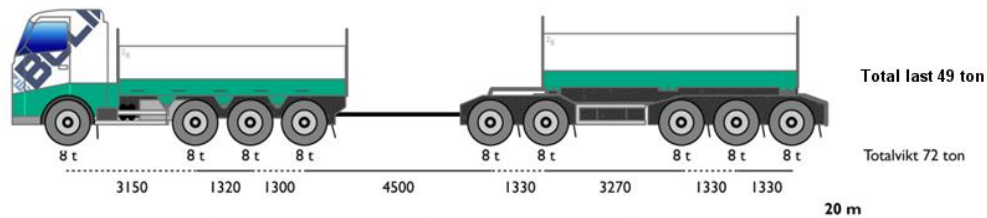
This Project is financed by EU



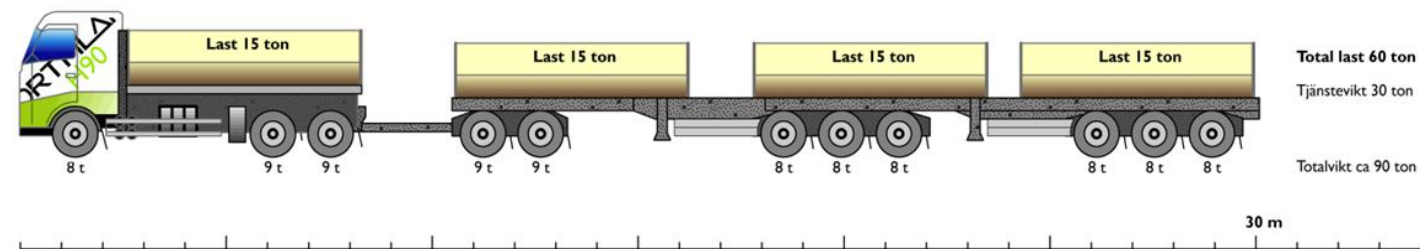
ОСИ: Расчетные конфигурации грузовых ТС, изучение в Пайала, Швеция



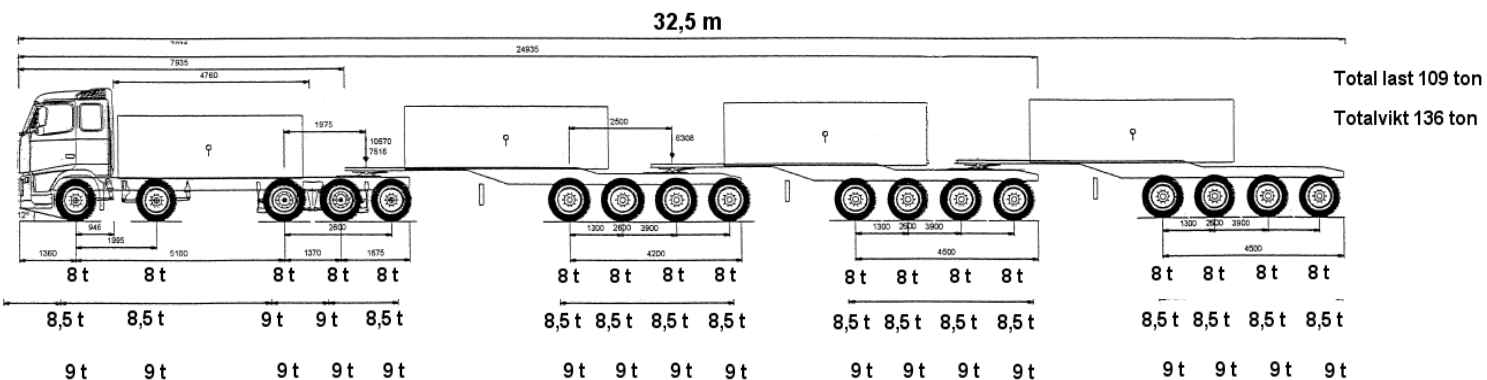
7 осей, 60т



9 осей, 72т



11 осей,
90т



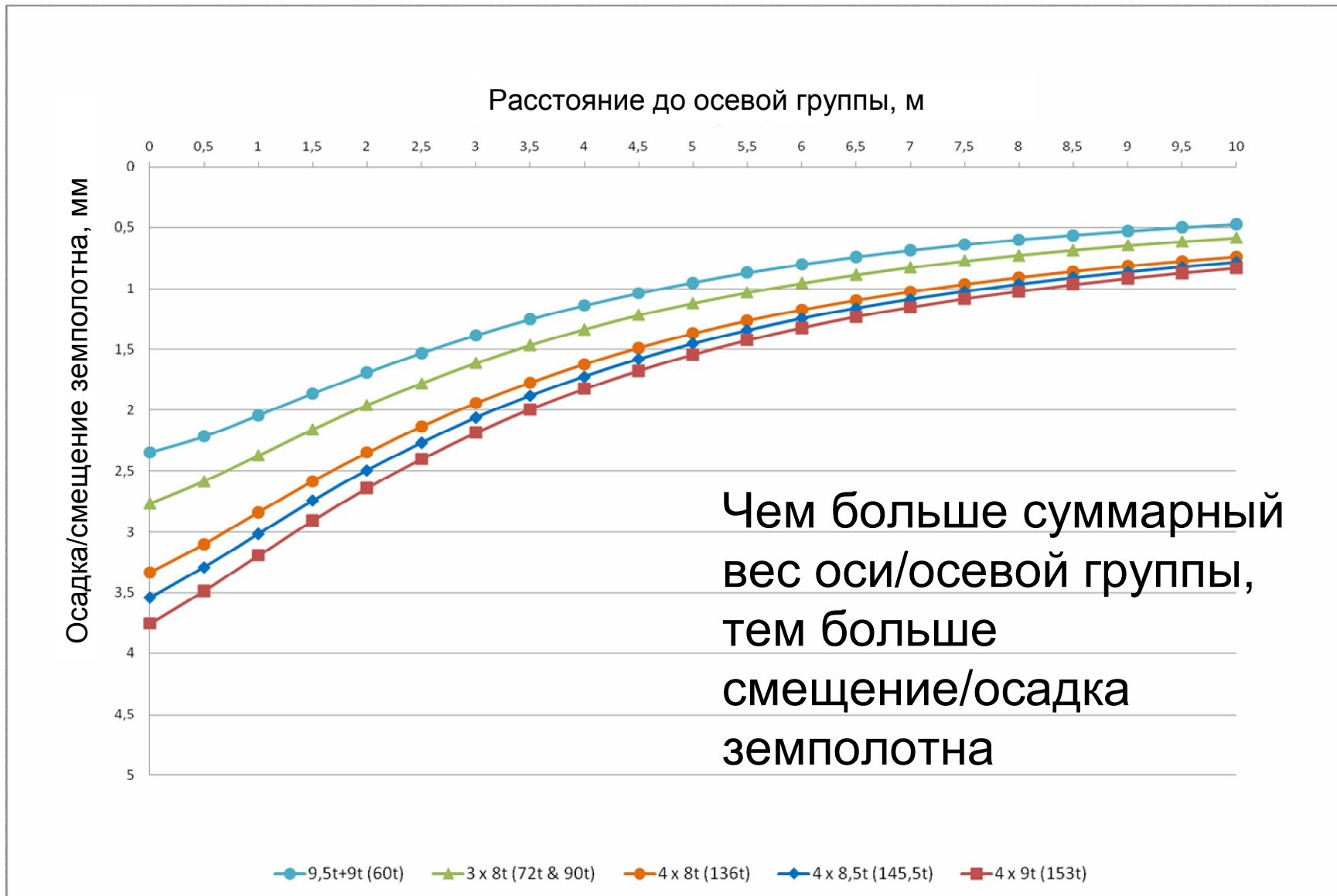
17 осей,
136т
145т
153т

This Project is financed by EU



Оси - влияние на земполотно:

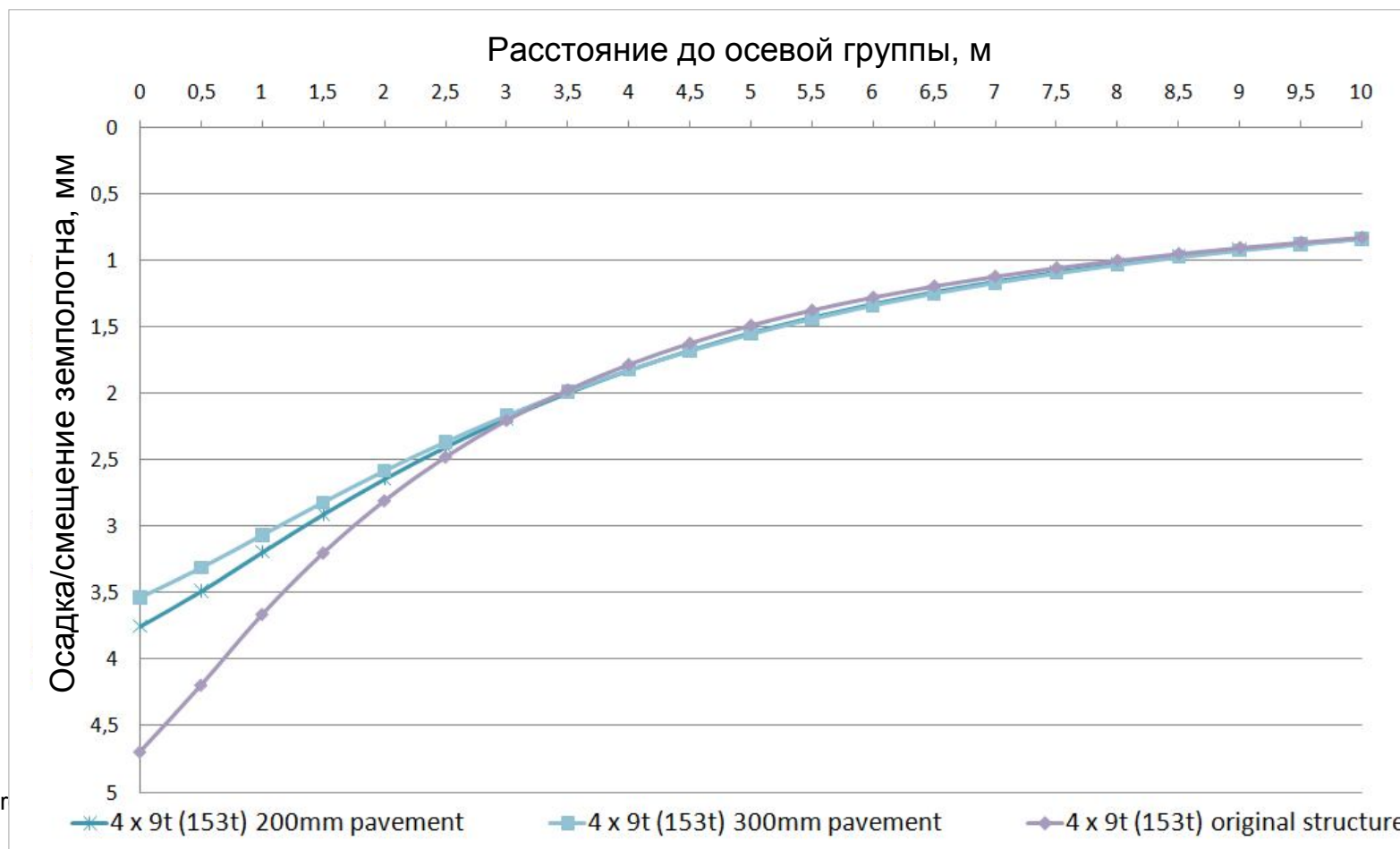
Осадка ослабленного земполотна под самой тяжелой осевой группой для каждого типа грузового ТС





Оси - влияние на земполотно: Расстояние между осевыми группами

Расстояние между осевыми группами должно составлять не менее 3м. Расстояние более 3 м не оказывает значительного эффекта на восприятие земляным полотном нагрузки от одиночной осевой группы. Однако, это оказывает эффект кумулятивной нагрузки для последующей осевой группы.

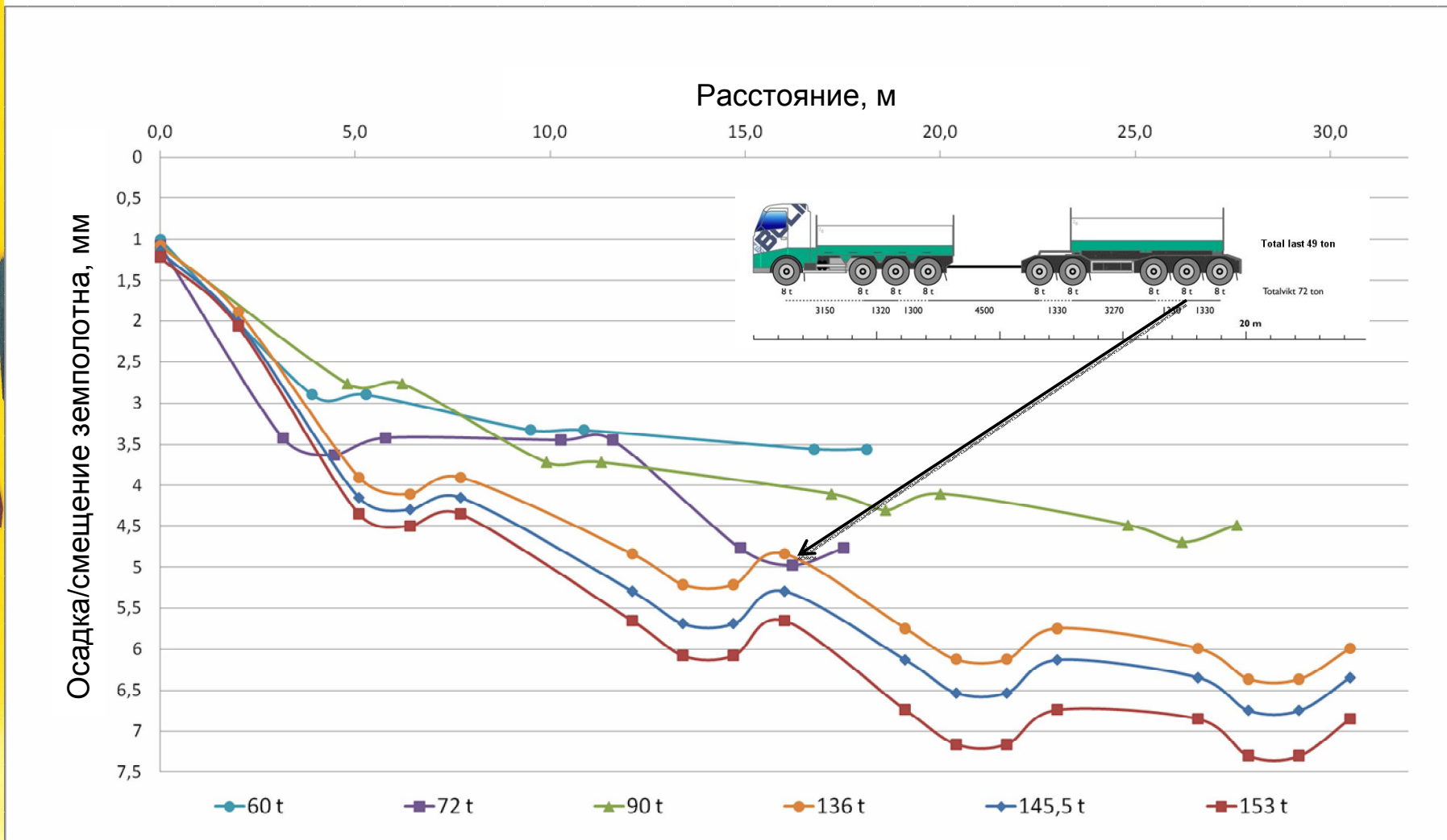


This Pr

Оси – влияние на земполотно:

Кумулятивная осадка ослабленного земполотна, создаваемая каждым видом рассматриваемых грузовых ТС

Число осей не всегда критично.



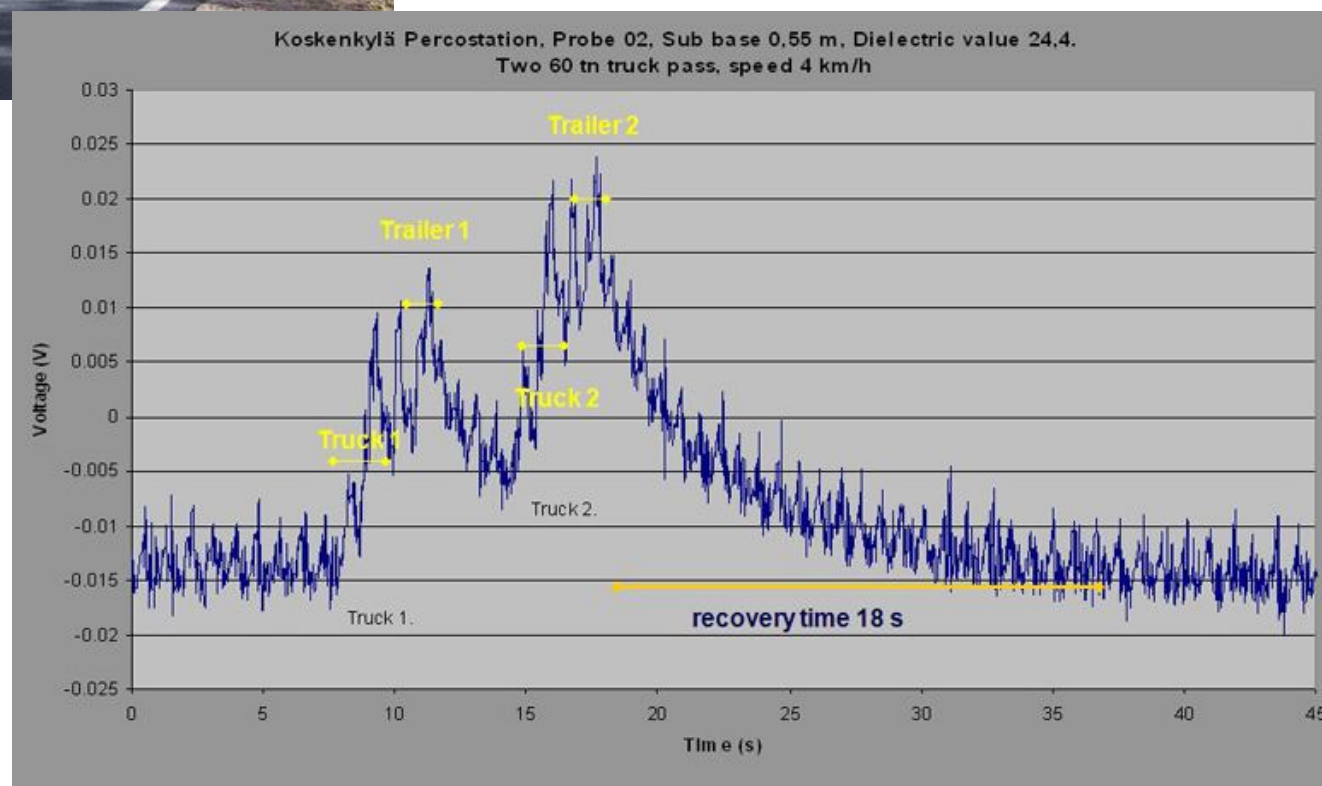
Оси – влияние на верхний и нижний слой основания



Материалы низкого качества/ с высокой влажностью подвержены остаточным деформациям и не обладают достаточной упругостью для восстановления под динамическими нагрузками.

Эти материалы не восстанавливаются сразу после снятия нагрузки, и многократные нагрузки могут привести к развитию деформаций в таких материалах.

Два следующих друг за другом грузовика с прицепами при прохождении Перкостанции в Коскенкюля в Рованиеми (Финляндия) и их влияние на изменение емкостного сопротивления (диэлектрические показатели) слабого материала нижнего слоя основания на глубине 0,55м. Реакция материала соответствует типичному вязкоупругому поведению



Оси – влияние на характеристики покрытия

Оценка характеристик покрытия и верхней части дорожной одежды основывается на классическом правиле четвертой степени, применяемом в инжиниринге дорожных одежд

→ Любые более тяжелые конфигурации грузовых ТС будут лучше, чем стандартный 60-тонный грузовик

Тип ТС и общий вес	Осевые нагрузки					Показатель эквивалент нагрузки EKV	Чистый вес, т	Транспорт. нагрузки	Эффект нагрузки	Сравнение с 60- тонным грузовым ТС
	7,5т	8т	8,5т	9т	9,5т					
Стандарт. 60т	1	2	0	3	1	3,918	38	131579	515581	1
Boliden 72т	0	9	0	0	0	3,686	49	102041	376163	0,730
En tave till 90т	0	7	0	4	0	5,492	60	83333	457633	0,888
"Double Link" 136т	0	17	0	0	0	6,963	109	45872	319413	0,620
"Double Link" 145,5т	0	0	15	2	0	9,142	118,5	42194	385751	0,748
"Double Link" 153т	0	0	0	17	0	11,154	126	39683	442607	0,858

Грузоперевозки в год (т) = 5000000

На груз. экспонента, использованная в расчетах = 4



This Project is financed by EU



ROADEX
Implementing Accessibility

Влияние типа шин

- Типы шин, обычно применяемых на грузовиках, - супер сингл, макси и сдвоенные.

Супер сингл



- В целом сдвоенные шины являются наиболее дружественным вариантом из-за большей площади контакта

Макси



- Шины макси не учитывались в «Демо-версии расчета усилий и напряжений ROADEX», однако можно сравнить супер сингл и сдвоенные шины.

Сдвоенные

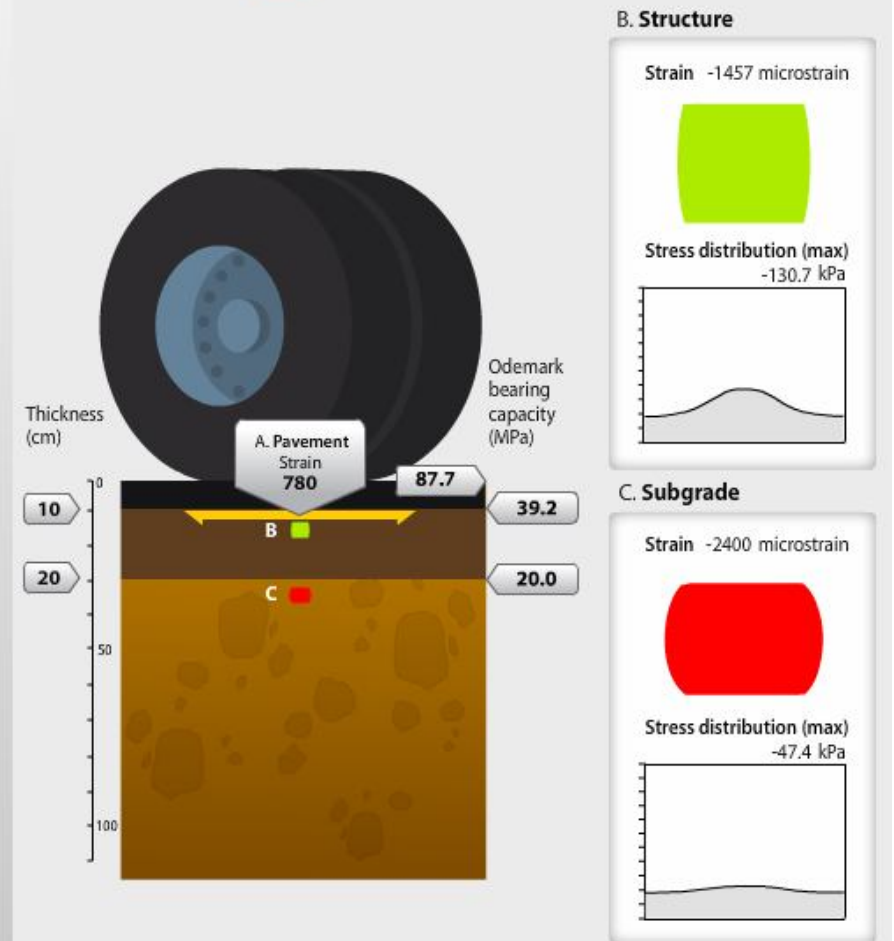
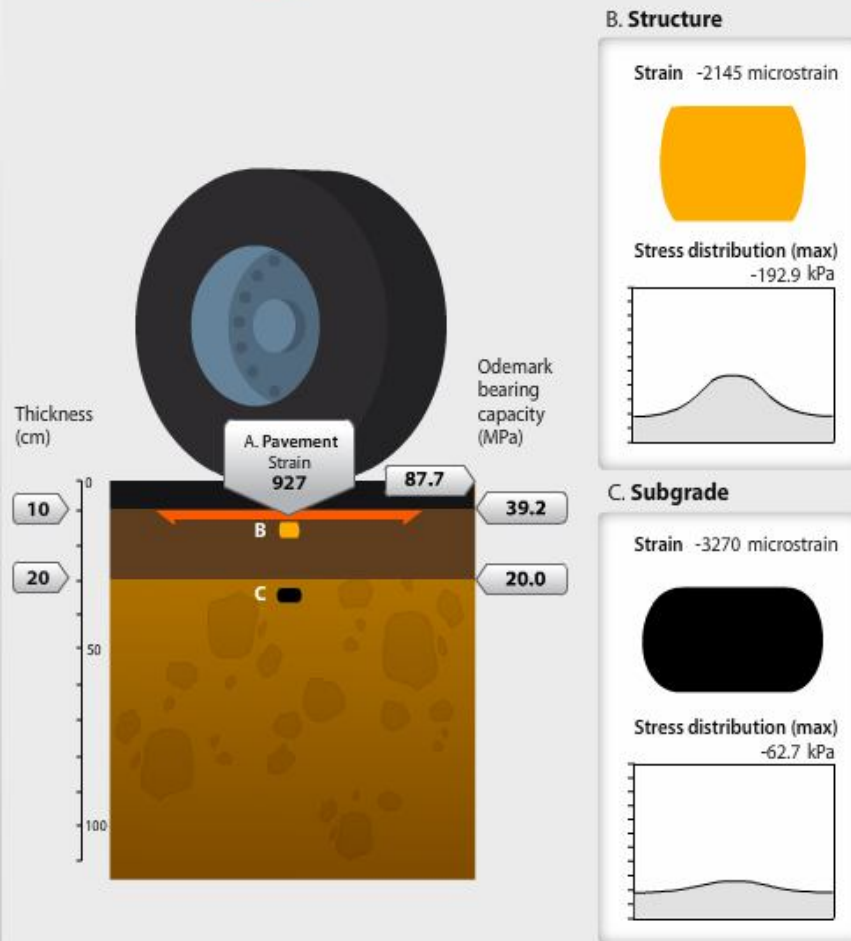


Пример: сравнение супер сингл шин и сдвоенных шин



Tyres	Type			Pressure		
		Super Single	Dual		800 kPa	400 kPa
A. Pavement	Modulus (MPa)		Thickness (cm)			
	800	1500	2800	1	5	10
B. Structure	Modulus (MPa)		Thickness (cm)			
	40	100	250	10	20	40
C. Subgrade	Modulus (MPa)		www.roadex.org			
	5	20	80			

Tyres	Type			Pressure		
		Super Single	Dual		800 kPa	400 kPa
A. Pavement	Modulus (MPa)		Thickness (cm)			
	800	1500	2800	1	5	10
B. Structure	Modulus (MPa)		Thickness (cm)			
	40	100	250	10	20	40
C. Subgrade	Modulus (MPa)		www.roadex.org			
	5	20	80			



Влияние давления воздуха в шинах

- Разное давление воздуха в шинах способствует оказанию разного воздействия на верхнюю часть дорожной конструкции. Более низкое давление может значительно снизить напряжения в покрытии и верхней части основания, что также снижает риск остаточных деформаций
- Давление воздуха в шинах не оказывает какого-либо значительного влияния на уровень напряжений в земляном полотне.



This Project is financed by EU

Влияние давления воздуха в шинах: Пример Стайни Вуд: колесные базы и нагрузки

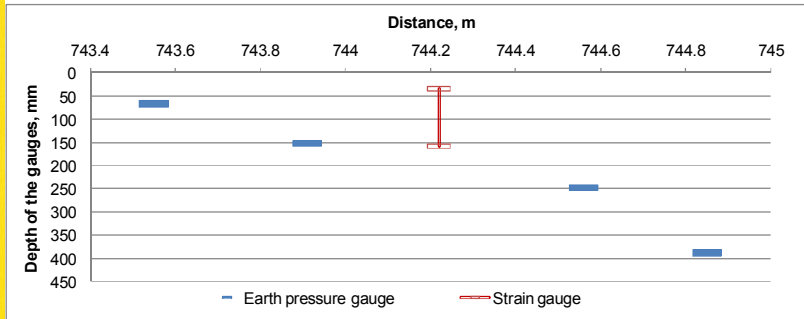
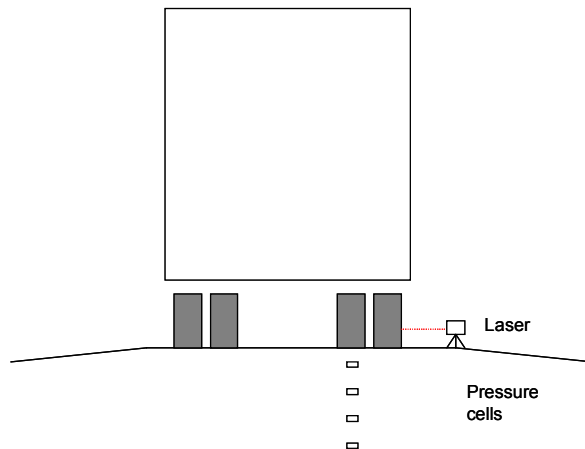


Table 5.1 passing series of truck 1

Time	Load	Tyre pressure	Amount	Wheel side
13:25 – 13:35	Empty	Low	11	R
13:35 – 13:45	Empty	Low	9	L
13:55 – 14:05	Empty	Full	9	L
14:30 - 14:40	Full	Low	12	R
14:45 - 14:55	Full	Quite low	10	R
15:20 – 15:30	Full	Quite high	8	R
15:35 – 15:45	Full	High	4	R
15:55 – 16:10	Full	Low	6	R

Table 5.2. Passing series of truck 2.

Time	Load	Tyre pressure	Amount	Wheel side
17:20 – 17:50	Full	Low	6	R & L
18:00 – 18:15	Full	Quite high	9	R & L



Измерение по линии движения
ТС по датчикам давления

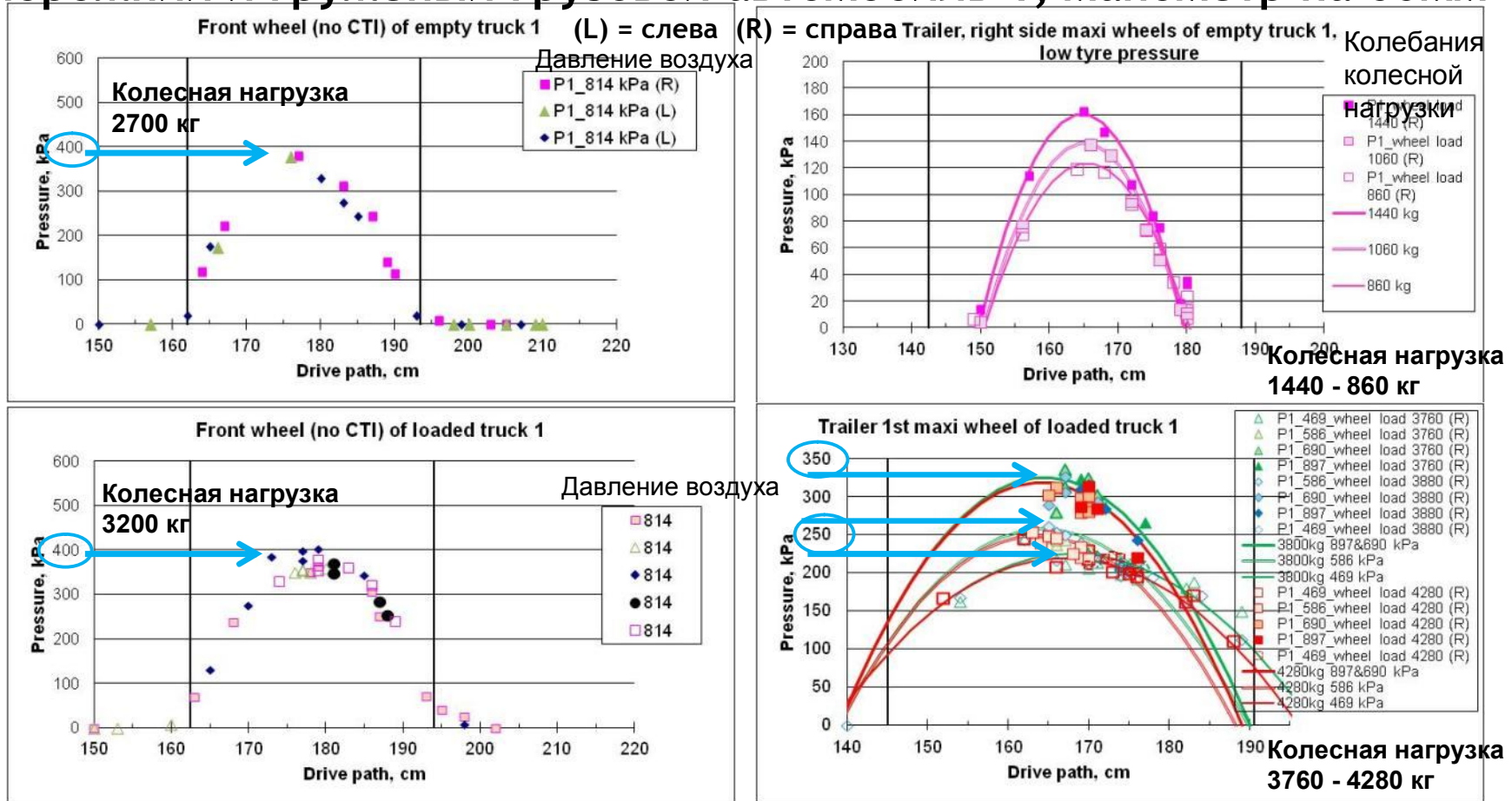


Измерение отпечатка шины, на которой
установлена система контроля давления
воздуха в шинах TPCS

Влияние давления воздуха в шинах:

Пример Стайни Вуд:

Порожний и груженный грузовой автомобиль 1, манометр на 60мм



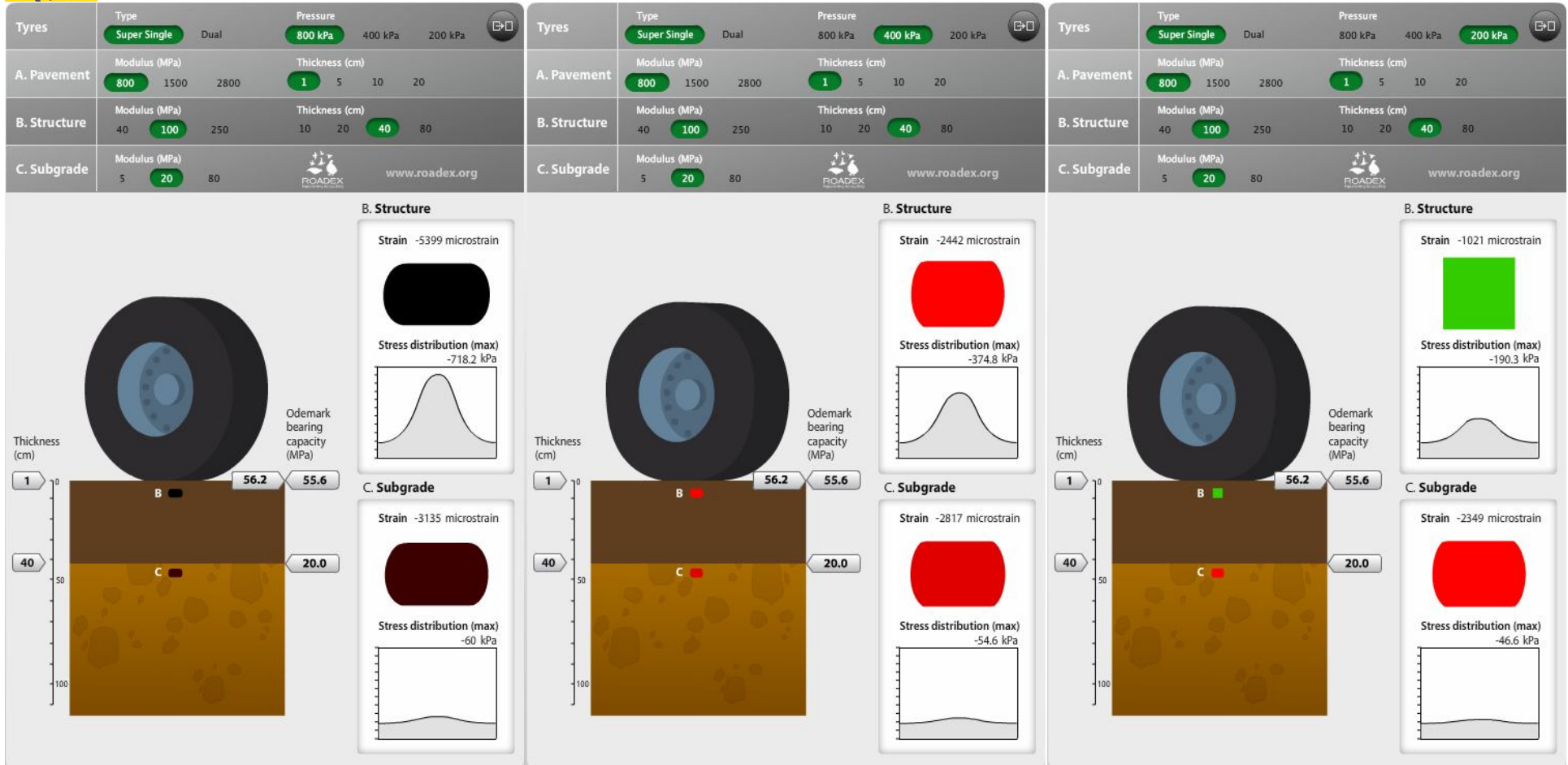
Ведущее колесо: 400 кПа (без системы центральной подкачки шин и при колесной нагрузке < 3200 кг

Макси шины : < 350 кПа при полном давлении

Макси шины : < 250 кПа при пониженном давлении



ПРИМЕР: влияние систем контроля давления воздуха в шинах (TPCS / СТИ)

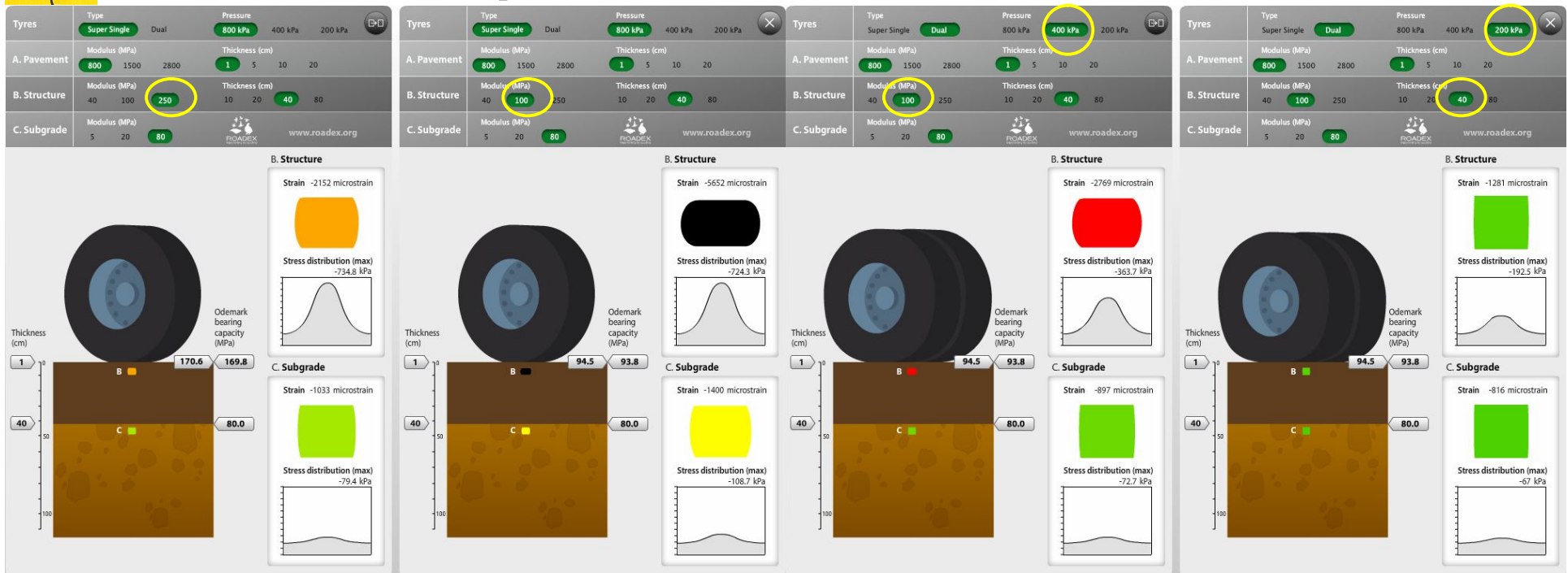


This Project is financed by EU





ПРИМЕР: снижение несущей способности дорог в весенний период, Колейность 1 степени и эффект системы центральной подкачки шин СТ1

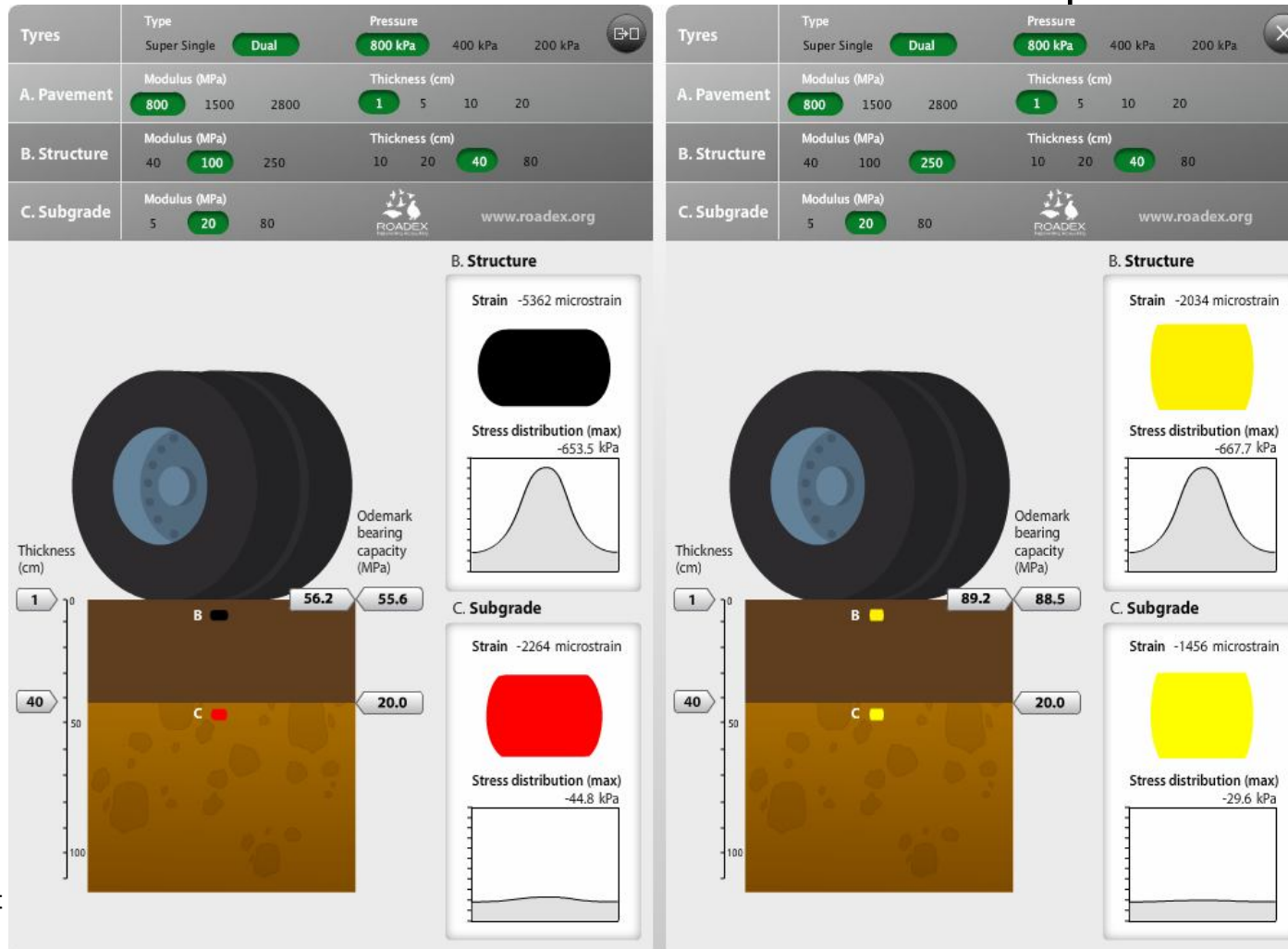


This Project is financed by EU



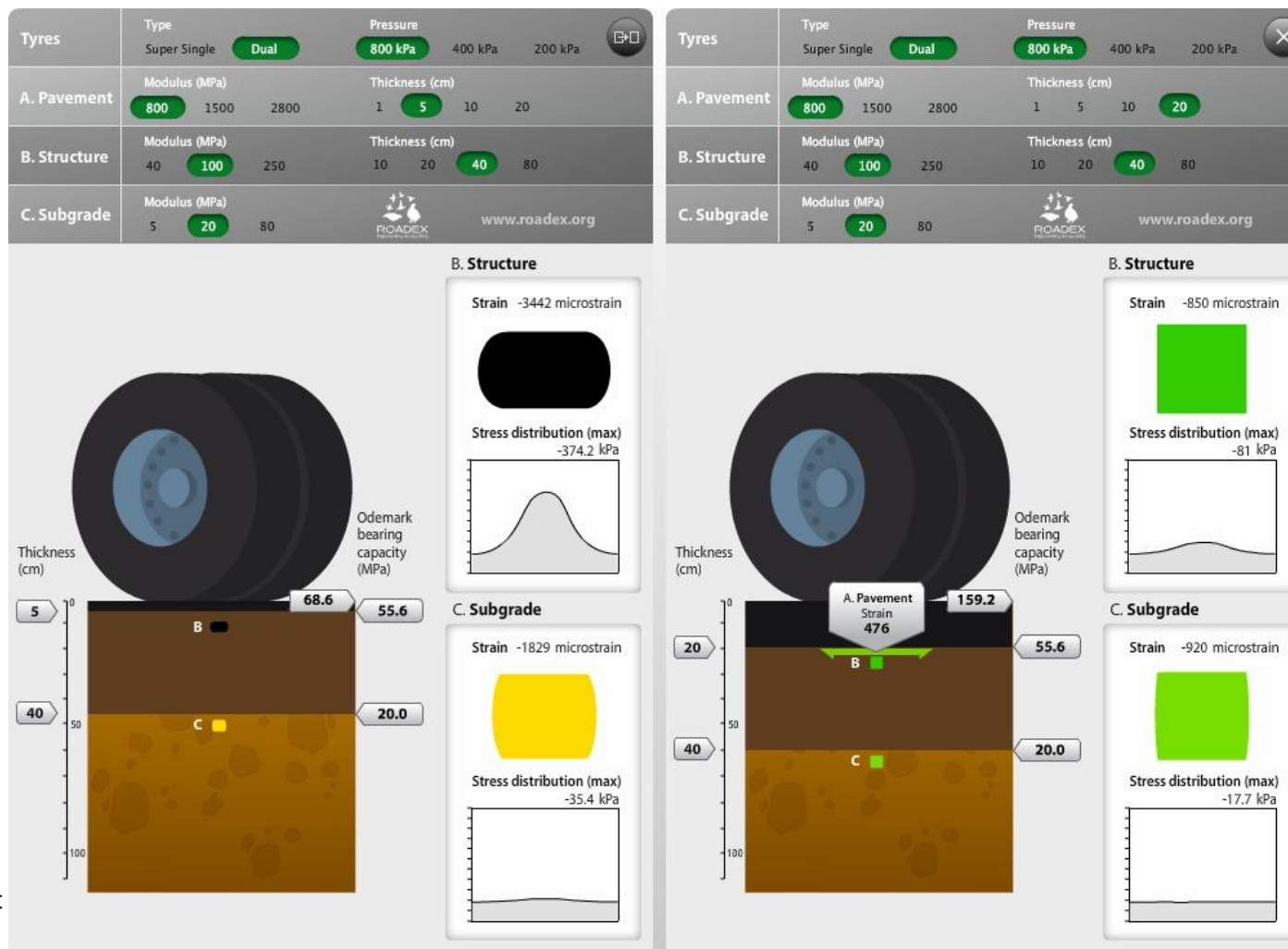
ПРИМЕР: дорожная конструкция против колейности 1 степени (страница 1)

- Улучшение качества материалов дорожной одежды:
В этом случае модуль упругости дорожной конструкции увеличивается со 100 до 250 МПа. Этого возможно достичь путем добавления и смешивания со стабильным материалом



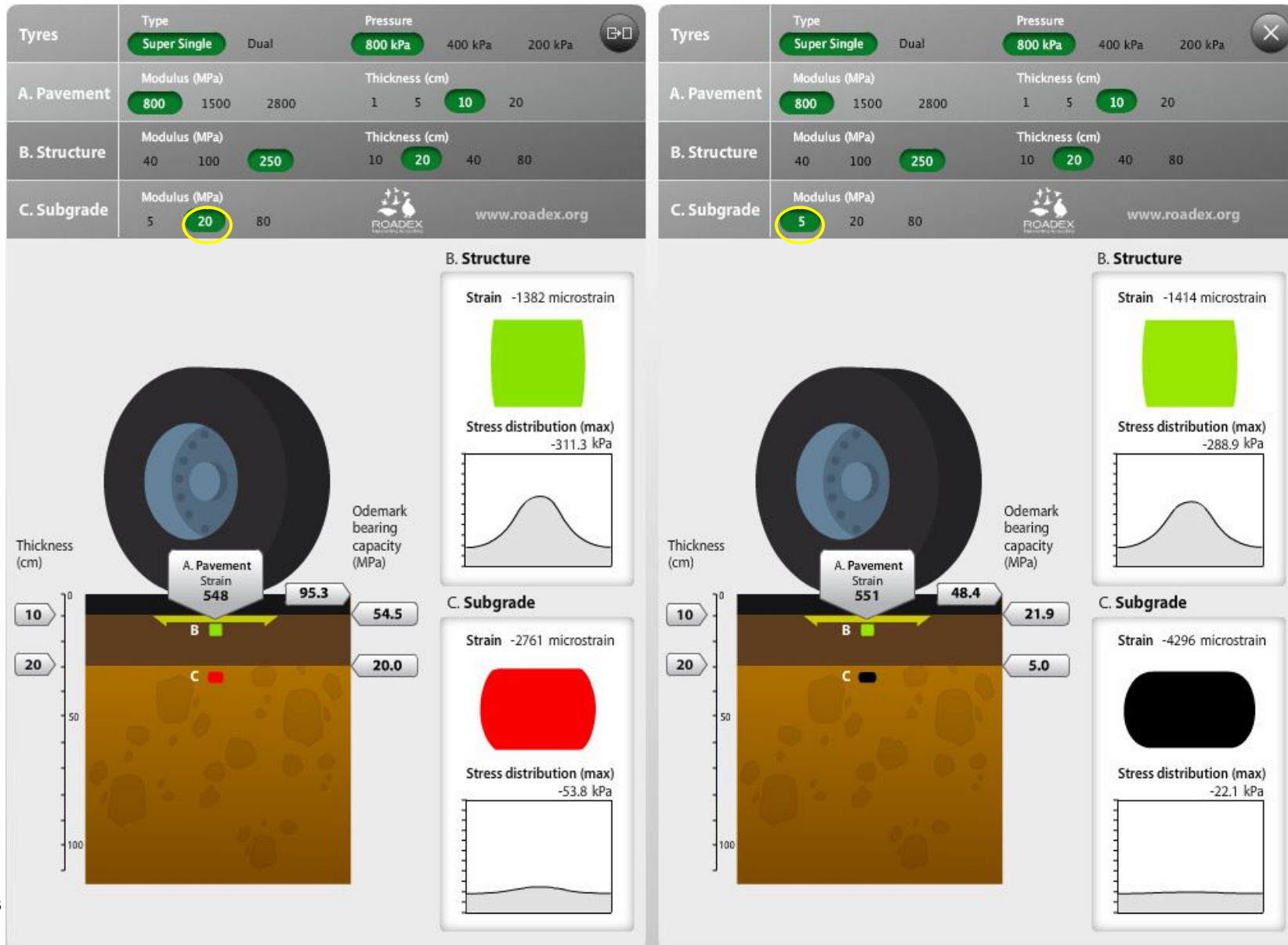
ПРИМЕР: дорожная конструкция против колейности 1 степени (страница 2)

- Уменьшение напряжений путем устройства слоев из более качественных материалов – крупнозернистого/дробленого или асфальтобетона:
В данном случае увеличивается толщина битумосодержащего слоя с низким модулем упругости (800 МПа) с 50 до 200мм.



This Project

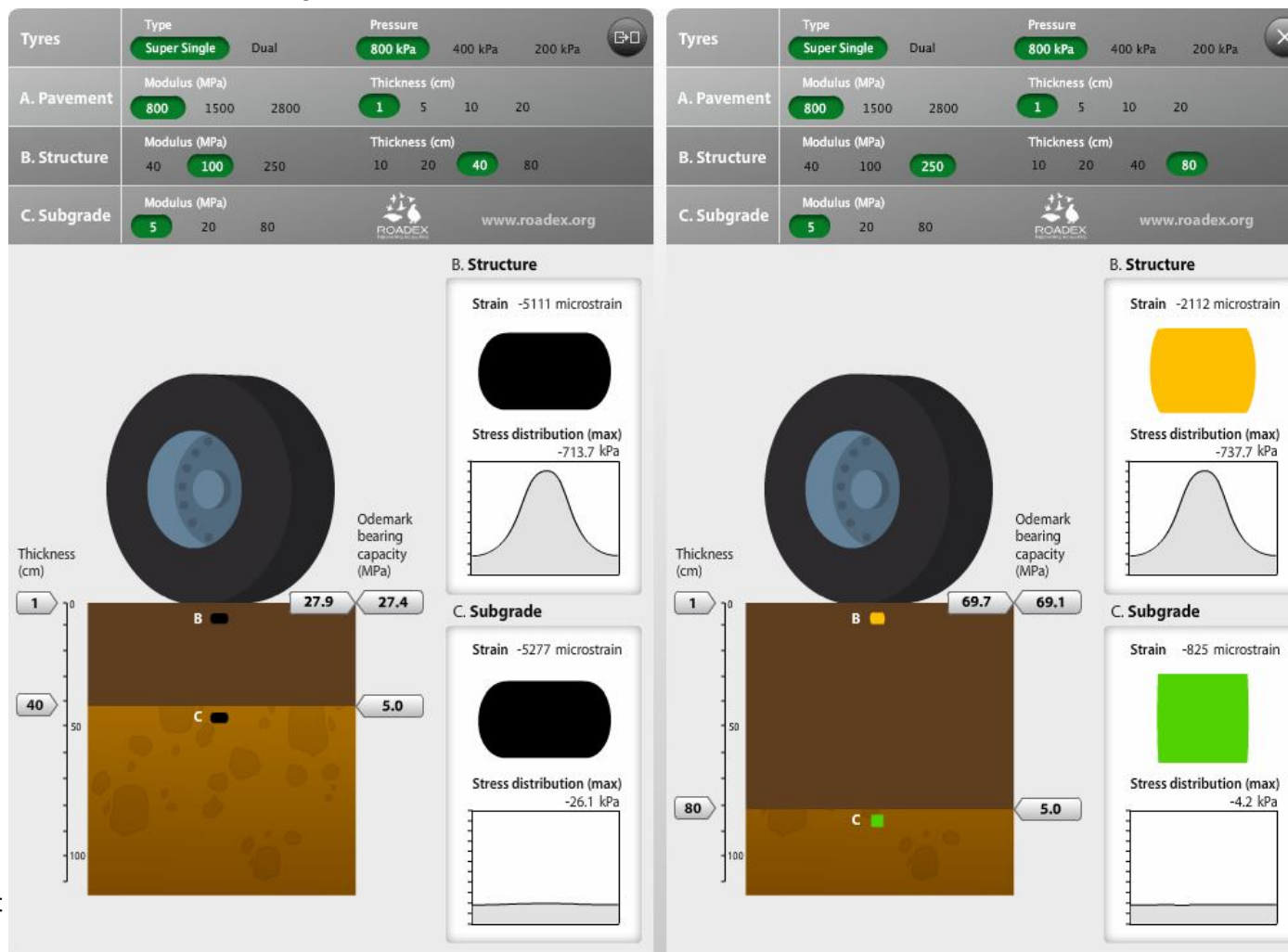
ПРИМЕР: снижение несущей способности в весенний период, колеиность 2 степени



This

ПРИМЕР: Дорожная конструкция против колеиности 2 степени

- Ключевая задача при предотвращении колеиности 2 степени – снизить интенсивность напряжений, передаваемых от дорожной одежды земляному полотну. Это достигается путем увеличения толщины слоев дорожной одежды.



This Project

ПРИМЕР: Эффект от увеличения связного слоя

- В данном случае толщина слоев связных материалов составляет 10см, поэтому система центральной подкачки шин уже не дает значительного эффекта. Земляное полотно все еще в ослабленном состоянии. Увеличение толщины связных слоев до 20см снижает напряжения во всех точках.

