

Diploma Thesis

Technical and economic validation of the Sleipner System in real use and comparison with results of the Sleipner Benefit Calculator

to confer the academic degree of
Diplom-Ingenieur (Dipl.-Ing.)

Author:

Erik Horst Carl Erkens, B.Sc.

Supervisors:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Moser, Peter

Dipl.-Ing. Dr.mont Hartlieb, Philipp

Date(25/02/2014)

Declaration of Authorship

„I declare in lieu of oath that this thesis is entirely my own work except where otherwise indicated. The presence of quoted or paraphrased material has been clearly signaled and all sources have been referred. The thesis has not been submitted for an academic degree at any other institution and has not been published yet.“

„Hiermit versichere ich, die nachfolgende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe erarbeitet zu haben, alle vorhandenen Zitate oder Paraphrasen klar gekennzeichnet, sowie alle Quellen angegeben und ausschließlich die verwiesenen Quellen genutzt zu haben. Diese Arbeit wurde nicht veröffentlicht oder an andere Institute zur Erlangung eines akademischen Grades versandt.“

Abstract

This thesis investigates the technical and economic aspects of the Sleipner System Solution. The relocation of chain-driven hydraulic excavators inside a quarry or between several mines is made easier and quicker by using the ‘Sleipner Shoes’ in combination with dump trucks. Sleipner Shoes are available for a wide variety of payload classes ranging from 31 to 565 tons and a width from 660 to 1400 mm (Sleipner E30-60 to E550-1440).

Five companies who are already using the System have been investigated. The major parameters of interest where the deviations in travelling times, speeds, distances, heights and numbers of use in comparison to the conventional system. In these companies the Sleipners are used in range of 4 to 75 times per month to be moved of a distance of 1 up to 6 kilometers per usage with the hydraulic excavator. The needed timespan for the relocation is given from 30 to 120 minutes without Sleipners and from 5 to 60 minutes with the Sleipner Shoes. The average speed of travelling with the excavators while using the Sleipner System is communicated with 8 to 14 km/h. This translates to a decrease of the time spent travelling on tracks of about 73 %, a reduction of fuel consumption and CO₂ emissions of 72 % and a possible increase of standup time from 5 up to 70 percent. The maintenance intervals of the undercarriage are not influenced by the use of the Sleipner System at the investigated companies; This due to a lack of monitoring as well as the strict adherence to the intervals provided by the suppliers of the excavator.

These data have been compared with the results from the Sleipner Benefit Calculator provided on the company’s homepage. The results show a deviation of 5 % between the average reduction of time spent travelling on tracks from 70 % of the Calculator and 73 % reduction of the analysis of this study. The increase of production of both data rows shows an average deviation of 30 %. A reduction of the time spent travelling on tracks to the total operational time per month shows an average deviation of approximately 25 % between the results of the calculator and the analysed data of this study. An average deviation of 1.5 % is achieved at the data rows of the saved CO₂ emissions and the saved fuel. The reduction of the maintenance costs of over 50 % by doubled or even tripled lifetime of the undercarriage as statement of the Calculator cannot be compared because of lack of data from the companies.

Thus the results of the Calculator can be considered as rough estimation of the economic performance of the system without the need of providing too detailed input data.

Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit untersucht die technischen und wirtschaftlichen Aspekte der Slepner Systemlösung. Die Versetzung von Kettengetriebenen Hydraulikbaggern innerhalb eines Tagebaus oder zwischen mehreren Tagebauen wird durch den Einsatz der Slepner Schuhe in Kombination mit Muldenkippern einfacher und schneller. Slepner Schuhe sind für Traglasten von 31 bis 565 Tonnen und Kettenbreiten von 660 bis 1440 mm erhältlich (Slepner E30-60 bis E550-1440).

Fünf Betriebe, welche die Slepner Systemlösung im Einsatz haben wurden untersucht, wobei von Interesse die Hauptleistungsdaten wie die Versetzzeiten, Geschwindigkeiten, Entfernungen und Anzahl der Vorgänge im Vergleich zu konventionellen Systemen waren. Bei diesen Betrieben sind die Slepner in einem Intervall von 4 bis 75 Mal pro Monat im Einsatz für Distanzen von 1 bis 6 Kilometern pro Versetzvorgang. Die benötigte Zeit dafür beträgt 30 bis 120 Minuten ohne Slepner und 5 bis 60 Minuten für den Vorgang mit Slepner. Die durchschnittliche Versetzgeschwindigkeit des Hydraulikbaggers beträgt mit Slepner Einsatz 8 bis 14 km/h. Dies führt zu einer Verringerung der Zeit welche für das Versetzen benötigt wird von 73 %, einer Einsparung an CO₂ Emissionen und Dieselkraftstoff von 72 % und einer Erhöhung der Verfügbarkeitszeit des Hydraulikbaggers von 5 bis zu 70 Prozent. Eine Verlängerung der Wartungsintervalle des Unterbaus des Hydraulikbaggers durch den Einsatz des Slepner Systems kann aufgrund mangelnder Daten-aufzeichnung der untersuchten Betriebe und striktem Festhalten an den vorgegebenen Wartungsintervallen der Hersteller nicht beobachtet werden.

Diese im Feld erhobenen Daten wurden verglichen mit den Ergebnissen des Slepner Benefit Calculator, welcher auf der Firmenhomepage bereitgestellt wird. Das Ergebnis zeigt eine Abweichung von 5 % bei der Verringerung der Versetzzeiten zwischen der 70 % Angabe des Calculator und den ermittelten 73 % dieser Studie. Die Erhöhung der Produktion zeigt eine Abweichung von 30 % zwischen den beiden Wertereihen. Die Reduzierung der Versetzzeiten auf die Gesamteinsatzdauer pro Monat bezogen zeigt eine Abweichung von 25 %. Eine Abweichung von 1,5 % ergibt sich bei dem Vergleich der beiden Wertereihen für die Einsparungen an Kraftstoffverbrauch und CO₂ Emissionen. Eine Verringerung der Wartungskosten von über 50 % durch Verdopplung bis zu Verdreifachung der Lebensdauer des Hydraulikbaggerunterbaues durch den Einsatz der Slepner Systemlösung als Aussage des Calculator kann aufgrund mangelnder Daten nicht verifiziert werden.

Als Gesamtergebnis kann gesagt werden, dass der Slepner Benefit Calculator als ein gutes Mittel für eine erste grobe Abschätzung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Slepner Systems, ohne die Notwendigkeit der Bereitstellung zu detaillierter Eingangsdaten, betrachtet werden kann.

Table of Contents

Declaration of Authorship	II
Abstract	III
Zusammenfassung	IV
Table of Contents	VI
1. Task Description	1
2. The Sleipner System	2
2.1 Working Principle of the Sleipner System	4
2.2 Available Sleipner Systems	7
3. Investigated Companies	9
3.1 VA Erzberg – Eisenerz (AUT)	11
3.2 Hoffmann Minerals – Neuburg a.d.Donau (GER)	14
3.3 Schäfer Kalk – Diez (GER)	17
3.4 Rheinkalk – Salzhemmendorf (GER)	20
3.5 Hope Construction Materials – Hope Valley (GBR)	23
4. Data Collection	27
4.1 Investigated Parameters	28
4.2 Questionnaire	32
4.3 Summary and Quality of Collected Data	35
4.3.1 Data Overview	39
5. Data Analysis	40
5.1 Travelling Time	41
5.2 Standup-Time	43
5.3 Speed	47
5.4 Fuel Consumption	51
5.5 Emissions	55
5.6 Maintenance	57
5.7 Costs	58
6. Summary of Analysis	59
7. The Sleipner Benefit Calculator	65

7.1	Calculated Benefits and Results.....	67
7.1.1	VA Erzberg – Eisenerz (AUT)	67
7.1.2	Hoffman Minerals – Neuburg a.d.Donau (GER).....	73
7.1.3	Schäfer Kalk – Diez (GER)	76
7.1.4	Rheinkalk – Salzhemmendorf (GER)	78
7.1.5	Hope Construction Materials (GBR).....	81
8.	Comparison of the Real Use and Calculated Benefit Data.....	83
9.	Discussion.....	87
	Bibliography.....	93
	List of Figures.....	96
	List of Tables	106
	List of Diagrams	107
	Annex	109

1. Task Description

The task of this thesis is to collect and analyse the technical parameters of the Slepner System in real use via survey and do a comparison between the obtained data and the performance data of the conventional method of relocate hydraulic excavators in open pit mines with chain sub-chassis. An identification of similarities and differences between the collected and calculated data and results of the Slepner Benefit Calculator should be given.

Die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit ist die Erfassung und Analyse technischer und wirtschaftlicher Parameter des Slepner Systems im realen Einsatz und Gegenüberstellung der durch Umfragen gewonnenen Daten mit den Leistungsdaten der herkömmlichen Methode, Hydraulikbagger mit Kettenunterfahrwerken in Tagebauen zu versetzen. Es sollen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der gesammelten und errechneten Daten im Vergleich zu den Werten des Slepner Benefit Calculator identifiziert werden.

2. The Slepner System

The Slepner System Solution contains a pair of the Slepner Shoes (Figure 01), the hydraulic excavator with chain undercarriage and the normal or articulated dump truck. With these Slepner Shoes it is possible to relocate the excavator inside one or between two mines or quarries similar to a semi-trailer with dump trucks or dumpers (compare to Figure 02). Each Slepner Shoe consists of a welded massive steel base



Figure 01: A pair of Slepner Shoes.

frame in form of a shell, enclosing the end of the chain undercarriage, with one or more non-driven wheels on each side depending on the model. The wheels are mounted to welded stub-axels on the outer side (Figure 03).

To keep the Slepners in place when parked in uneven areas (up to 15 % inclination) they are fitted with automatic

Die Slepner System Lösung besteht aus einem Paar Slepner Schuhen (Figure 01) sowie dem mit Kettenfahrwerk ausgestatteten Hydraulikbagger und dem Muldenkipper oder knickgelenkten Dumper. Mithilfe dieser Slepner Schuhe ist es möglich, den Hydraulikbagger ähnlich einem Sattelaufleger mit dem Muldenkipper oder Dumper innerhalb eines oder auch zwischen verschiedenen Tagebauen zu versetzen (Figure 02).



Figure 02: Slepner System Solution in use.

Ein Slepner Schuh besteht aus einem aus Stahl geschweißten massiven Grundrahmen in Form einer das Kettenfahrwerkende umschließenden Muschel mit je nach Ausführung einem oder mehr nichtangetriebenen Rädern auf jeder Seite. Die Räder sind auf an der Außenseite angeschweißten Achsstummeln montiert (Figure 03).

safety brakes on the inside of the rim (Figure 04).

Um das Wegrollen der Slepner bei Nichtbenutzung auf schiefer Ebene (bis zu 15 % Steigung) zu verhindern, sind sie mit einer automatischen Sicherheitsbremse auf der Felgeninnenseite ausgestattet (Figure 04).



Figure 03: Base frame and stub-axels [1].



Figure 04: Automatic safety brakes.

2.1 Working Principle of the Sleipner System

The usage of the Sleipner System by chain driven hydraulic excavators is done in several easy steps.

The starting position for a complete cycle of relocating the excavator is defined at that point, where the digger operator has finished the loading of raw material at point A and needs to get to the next excavation site called point B.

First, the bed of the dumper, used for the relocating, is loaded with one or two shovels of material to prepare it for the later reception of the supported bucket and to prevent damages.

Subsequently the excavator operator drives forward into the Sleipner Shoes to control the drive in and the correct fitting of the Sleipners from inside the cabin (Figure 05). Meanwhile the release of the automatic safety brakes is caused by the chain cassis pushing the brake mechanics.

If the Sleipners are in incorrect position for driving into them, the operator can displace them with the help of the attached steel cord with his bucket teeth to the right position (Figure 06).

If the Sleipners are correctly installed the upper carriage is turned around for 180 degrees and the excavator boom is lifted up to allow the truck to drive into the right

Um einen kettenangetriebenen Hydraulikbagger mittels der Sleipner-Systemlösung zu versetzen, wird eine ganze Reihe von einfachen Prozesseinzelschritten durchgeführt.

Als Ausgangslage wird angenommen, dass der Bagger die an der Ort A genannten Abbaustelle zu gewinnenden Massen bereits verladen hat und nun zu Abbaustelle B versetzt werden soll.

Als erstes lädt der Baggerführer ein bis zwei Schaufelfüllungen Material in die leere Mulde des zum Versetzvorgang genutzten Dumpers und bereitet so ein Materialbett für die später dort aufgedrückte Schaufel vor, um eventuelle Beschädigungen an der Mulde durch ansonsten direkte Auflage der Schaufel in der Mulde zu verhindern.

Nun fährt der Baggerführer vorwärts in die beiden Sleipnerschuhe hinein, um das korrekte Einfahren und den richtigen Sitz der Sleipner aus der Kabine beurteilen zu können (Figure 05). Während des Hereinfahrens wird die automatische Brems-vorrichtung durch Druck des Kettenfahrwerks auf die Brems-mechanik gelöst.

Sollten die Sleipner nicht passend stehen, so kann der Baggerführer mittels angebrachter Stahlseile und seiner



Figure 05: 'Pull-in' forward.

position (Figure 07).

After driving the dumper backwards under the lifted excavator boom, the boom is lowered into the prepared dumper bed. By pushing the boom lower again, the chain cassis is lifted into a horizontal position away from the ground so that the excavator is now only resting on the dumper and on the two Slepners (Figure 08).

The load distribution amounts about 20 % weight onto the dumper and 80 % on to the Slepners [3].

The dumper is now capable to haul the excavator on the free rolling Slepners to the next digging point B.

At point B the operator now raises the excavator boom to get back onto the ground with the chain chassis and to release the dumper. At last the upper carriage is turned around again about 180 degrees to control the correct rear 'pull-out'.



Figure 06: Adjustment by the steel cord [2].

Schaufelzähne die Slepner Standorte entsprechend korrigieren (Figure 06).

Sind die Slepner korrekt montiert, dreht der Baggerführer sodann den Baggeroberwagen um 180 Grad und hebt seine Schaufel an, um dem Dumper oder Muldenkipper die entsprechend notwendige Stand-position anzuzeigen (Figure 07).

Nachdem der Muldenkipper rückwärts unter die angehobene Schaufel des Baggers gefahren ist, senkt der Baggerfahrer die Schaufel in die vorbereitete Mulde und drückt mit seinem Ausleger das Ketten-fahrwerk in eine horizontale, vom Boden abgehobene Position, sodass sich der Bagger nur mehr auf die Slepner und die Mulde stützt (Figure 08).

Die Lastverteilung beträgt dabei ungefähr 80 % Gewicht auf den Slepnern zu 20 % Gewicht auf der Mulde [3].



Figure 07: Dumper driving backwards under the boom of the excavator [4].

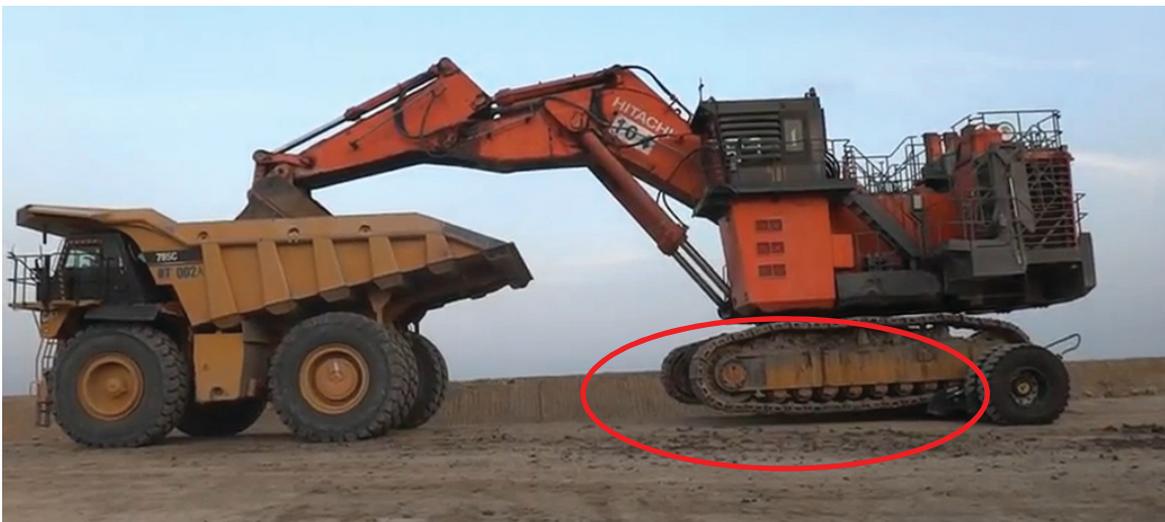


Figure 08: Resting on dumper and Slepner [4].

After that, the excavator is now able to continue with the normal loading cycle with the already prepared dumper.

Because of the automatic safety brakes the Slepners remain at that position, where the operator pulled out and wait for the next operation. During the whole process of relocation the dumper operator and the excavator operator remain seated in their cabins.

Der Muldenkipper kann nun den Bagger auf den Slepnern frei rollend bis zum Ort B, der nächsten Abbaustelle, ziehen.

Dort angekommen, hebt nun der Baggerführer den Ausleger entsprechend an, um mit dem Kettenfahrwerk wieder auf dem Erdboden aufzustehen und die Mulde freizugeben. Anschließend wird der Oberwagen wieder um 180 Grad

gedreht, um das korrekte rückwärtige Ausfahren aus den Sleipnern überwachen zu können.

Ist dies geschehen, kann der Bagger nun wieder mit den normalen Ladespielen mit der bereits mitgeführten Mulde beginnen, während durch die automatische Bremsvorrichtung die Sleipner in exakt der Position stehen bleiben, an der der Baggerführer aus ihnen herausgefahren ist, dort stehen sie bereit für den nächsten Einsatz. Während des kompletten Versetzvorgangs verbleiben der Baggerführer als auch der Mulden- oder Dumperfahrer sitzend in ihren Kabinen.

2.2 Available Sleipner Systems

In order to get the opportunity to integrate the Sleipner System in as many quarries and pits as possible and all the different excavator types and weights, a lot of different Sleipners had to be developed over the years. That is the reason why the available Sleipners vary widely in the maximum load as well as in the possible chain chassis width.

Sleipners are available in the range of the maximum load from the smallest 22 to 31 ton Sleipner called the Sleipner E30 up to a 492 to 565 ton Sleipner

Um das Sleipner System in vielen verschiedenen Betrieben mit unterschiedlichsten Baggergrößen und Gewichten einsetzen zu können, gibt es auf jede Baggerklasse angepasste Sleipner. Nicht nur im maximalen zulässigen Gewicht unterscheiden sie sich, sondern auch in der Breite der Sleipner, um auch bei den verschiedensten Fahrkettenbreiten eine Lösung anbieten zu können.

Es sind Sleipner Schuhe, angefangen vom kleinsten 22 bis 31 Tonnen Sleipner

called the Slepner E550 and from a width of 600 mm to 800 mm at the Slepner E30 to a width of 1.300 mm to 1.400 mm at the Slepner E550 [5]. The span of the width matches in a small interval with the maximum load of the Slepner, because the width of the chain chassis of an excavator is also depending on its weight.

E30 bis zum 492 bis 565 Tonnen Slepner E550, erhältlich in Bezug auf die maximale Traglast und von einer Weite von 600 mm bis 800 mm beim Modell Slepner E30, bis zu 1.300 mm bis 1.400 mm für das Modell Slepner E550. Die maximal und minimal mögliche Kettenbreite bei jedem Slepner variiert in einem bestimmten Intervall, in dem auch die üblichen Kettenbreiten der verschiedenen Baggergewichts-klassen sich befinden [3].

3. Investigated Companies

The investigated and well-chosen companies and opencast mine sites are located in Central Europe. The company VA Erzberg is the only one located in Austria, more precisely in the province of Styria. The companies Hoffmann Minerals, Schäfer Kalk and Rheinkalk Salzhemmendorf are all in Germany in the provinces of Bavaria, Rhineland-Palatine and Lower Saxony. An exception is the company Hope Construction Materials on the main British Island. They are all highlighted with red dots on the map of Figure 09 for a better orientation. In all quarries hydraulic excavators with chain undercarriage are used. The span of the excavator weights varies from 45 tons up to 125 tons. The main purpose of the, at all sites existing, Slepner Shoes differs from relocating the excavator inside one mine to relocating between two or more quarries.

Die für diese Studie ausgewählten teilnehmenden übertägigen Rohstoffgewinnungsbetriebe befinden sich alle in Zentraleuropa. Der Betrieb VA Erzberg befindet sich als einziger in Österreich, genauer gesagt im Bundesland Steiermark. Die Betriebe Hoffmann Minerals, Schäfer Kalk und Rheinkalk Salzhemmendorf befinden sich in Deutschland in den Bundesländern Bayern, Rheinland-Pfalz und Niedersachsen. Eine Ausnahme bildet der Betriebe Hope Construction Materials, der sich auf der Hauptinsel von Großbritannien befindet. Alle genannten Betriebe sind auf der Landkarte von Figure 09 zur besseren Orientierung rot markiert. Alle ausgewählten Betriebe haben Hydraulikbagger als Gewinnungsgeräte im Einsatz, welche sich in einem Gewichtintervall von 45 Tonnen bis 125 Tonnen befinden. Der Einsatz der bei allen Betrieben vorhandenen Slepner Schuhen variiert jedoch von Betrieb zu Betrieb vom Versetzvorgang innerhalb eines Tagebaues zu Versetzvorgängen zwischen zwei oder mehreren Tagebauen.



Figure 09: Location of the investigated Companies, highlighted with red circles [6].

3.1 VA Erzberg - Eisenerz (AUT)

The VA Erzberg Company owns and runs the quarry called “Steirischer Erzberg”, the biggest iron-ore quarry in Middle Europe and the worldwide biggest Siderit deposit (Figure 10) [7]. The Styrian Erzberg is located in the province of Styria, in Austria. The mineral is a carbonatic iron ore (Ironspar, Siderit $\text{Fe}[\text{CO}_3]$), that is malformed in varying intensity with a Iron-Magnesia-Carbonat, called Ankerit [8].

With a staff of 170 people in the sectors mining, processing, logistics and



Figure 10: Panorama of the Styrian Erzberg [9].

infrastructure the VA Erzberg has an annual turnover of about 37 million Euro by producing nearly 2.15 million tons of ironore per year. The total transport volume per year is about 8.4 million tons [10]. The rock is blasted with 6 different types of pumped explosives. 40.000 to

Das Unternehmen VA Erzberg betreibt den Rohstoffabbau am sogenannten Steirischen Erzberg im Bundesland Steiermark in Österreich. Beim Steirischen Erzberg handelt es sich um den größten Erztagebau in Mitteleuropa sowie die größte Sideritlagerstätte der Welt (Figure 10). „Das Wertmineral ist ein karbonatisches Eisenerz (Eisenspat, Siderit“ $\text{Fe}[\text{CO}_3]$), „das in stark wechselnder Intensität mit einem Eisen-Magnesium-Karbonat, dem Ankerit [...] verwachsen ist“ [7, 8].



Figure 11: 2 Komatsu HD 985-5 at VA Erzberg.

Mit etwa 170 Mitarbeitern im Bereich Erzgewinnung, Aufbereitung und Versand sowie Infrastruktur wird ein jährlicher Umsatz von 37 Millionen Euro bei einer jährlichen Erzerzeugung von etwa 2,15 Millionen Tonnen erwirtschaftet. Die jährliche

60.000 tons of rock are lifted per blast. The bursted rock is transported by 10 dumpers (6 x Komatsu HD 985-5, Figure 11; 4 x Komatsu HD 785-7), and 4 wheel loaders (3 x Komatsu WA-800-3, 1 x CAT 992). In addition, a hydraulic excavator type Komatsu PC 1250-SP (Figure 12) is in use with a Slepner E120-700 (Figure 13). The Slepner is equipped with protection and snow chains [11].

The size of the Styrian Erzberg is about 3.400 x 2.800 metres in a horizontal projected surface and the highest point of the quarry is at 1.466 metres altitude above the Adriatic Sea. The Mining takes place at plus 300 metres down to minus 130 metres in relation to point of view from the main administration and the workshop [11].



Figure 12: Komatsu PC 1250-SP.

The Slepner is used 4 to 12 times a month to relocate the hydraulic excavator for an average travel distance of about 4 to 6 kilometres per displacement. The average number of operating hours of

Gesamttransportmenge am Erzberg beträgt etwa 8,4 Millionen Tonnen [10]. Mit 6 verschiedenen Pump-Sprengstoffarten werden je nach Gebirgstyp pro Sprengung etwa 40.000 bis 60.000 Tonnen Rohstein gewonnen. Das hereingeschossene Material wird mittels 10 Muldenkippern (6 x Komatsu HD 985-5, Figure 11; 4 x Komatsu HD 785-7) sowie 4 Radladern (3 x Komatsu WA-800-3, 1 x CAT 992) weiter gefördert. Außerdem ist ein Großhydraulikbagger vom Typ Komatsu PC 1250-SP (Figure 12) im Einsatz, kombiniert mit einem Slepner E120-700 (Figure 13) mit Schutz- und Schneeketten [11].

Der Steirische Erzberg hat eine Ausdehnung einer in die Horizontale



Figure 13: Slepner E120-700 with chains.

projizierten Fläche von etwa 3.400x 2.800 Metern, und der höchste Punkt liegt auf einer Höhe von 1.466 Metern über der Adria. In Relation zur Werkstatt und Hauptverwaltung der VA Erzberg

the excavator per month is about 300 hours. The excavator goes into service every 500 operating hours at the workshop on the own terrain of the plant. The typical travel ways are shown in Figure 14 (Workshop marked blue, roadways marked red, benches marked yellow). The hydraulic excavator is mostly used for scaling the slopes close to the boundary of the deposit, where wheel loaders cannot be used sufficiently any more.

gesehen, hat der Tagebau einen Höhenunterschied von insgesamt plus 300 Metern bis minus 130 Metern [11].

Der Hydraulikbagger wird durchschnittlich 4 bis 12 mal pro Monat versetzt. Die durchschnittliche Gesamtstrecke beträgt dabei 4 bis 6 Kilometer pro Versetzvorgang. Die durchschnittliche Betriebs-stundenanzahl pro Monat liegt bei etwa 300 Stunden. Gewartet wird der Hydraulikbagger alle 500 Betriebs-stunden in der betriebseigenen Wartungshalle. Die typischen Fahrwege sind in Figure 14 aufgetragen (Wartungshalle blau, Fahrwege rot, Einsatzetagen gelb). Der Hydraulikbagger wird hier hauptsächlich zur Herstellung von schmalen Endböschungen benutzt, bei denen ein Einsatz der Radlader nicht mehr möglich ist.

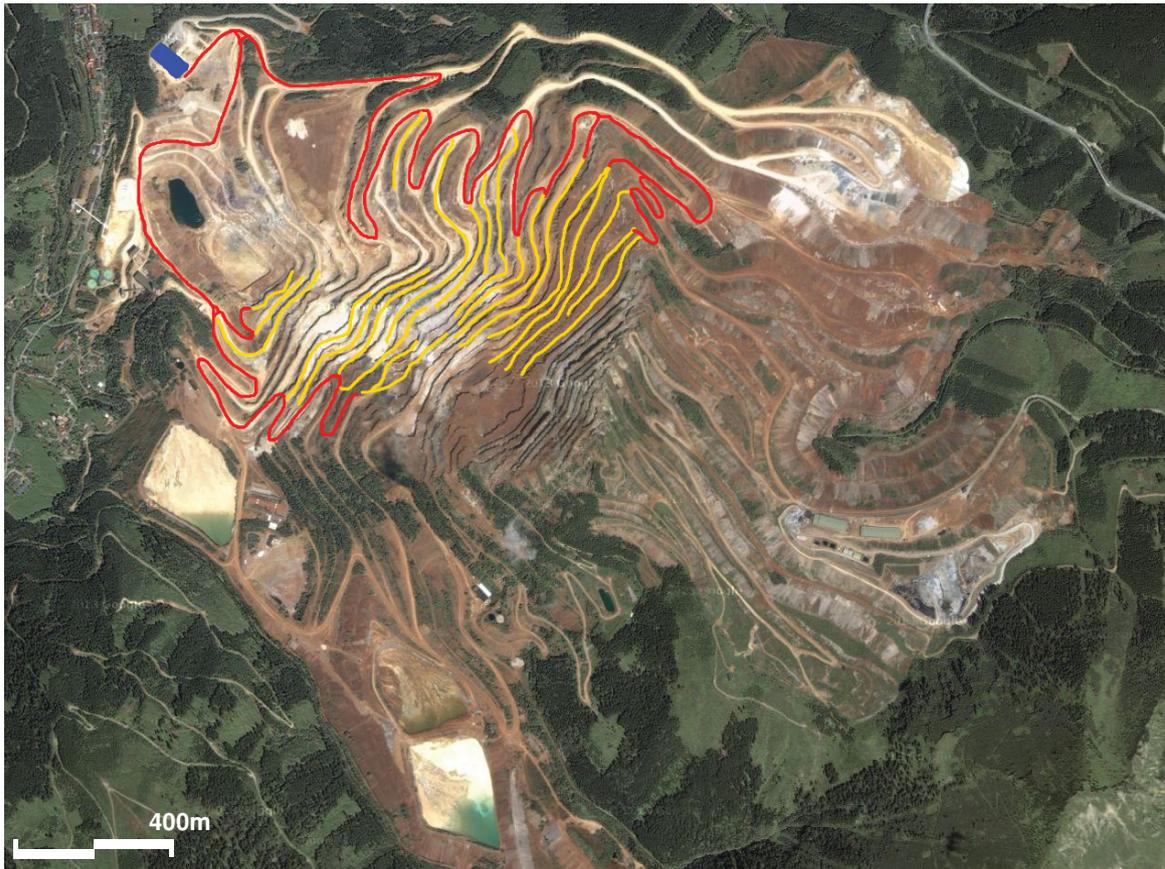


Figure 14: Typical Sleipner roadways at VA Erzberg (blue = workshop, red = roadways, yellow = benches) [6].

3.2 Hoffmann Minerals – Neuburg a.d.Donau (GER)

The Hoffmann Minerals Company carries on the resource extraction of siliceous soil in various smaller open cast mines near the town Neuburg a.d. Donau in the province of Bavaria in Germany. The so called “Neuburger Kieselerde” is a globally unique in nature arisen “combination of corpuscular, crypto-crystalline and amorphous silica and lammelar kaolinite” and is also called Sillitin or Sillikolloid (Figure 15) [12].

Die Firma Hoffmann Minerals betreibt den Rohstoffabbau von Kieselerde in verschiedenen kleineren Tagebauen in der Nähe der Stadt Neuburg an der Donau im Bundesland Bayern in Deutschland. Die sogenannte Neuburger Kieselerde ist ein weltweit einzigartiges in der Natur entstandenes „Gemisch aus korpuskularer, kryptokristalliner und amorpher Kieselsäure und lamellarem Kaolinit“ und

With a team of 16 people in the sector mining in the area of Neuburg a.d. Donau 60.000 tons of siliceous soil are mined per year. The total transport volume per year is about 2 million cubic metres, done by 3 hydraulic excavators (3 x Liebherr R944C, Figure 16) and

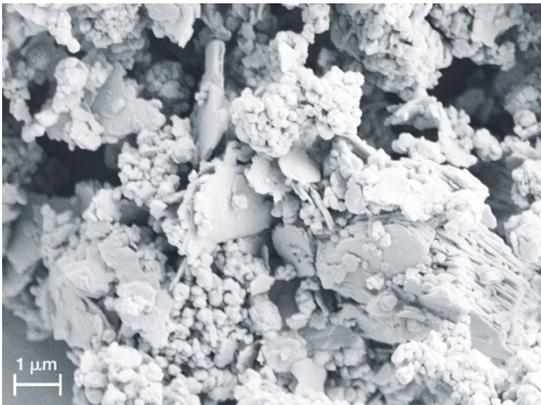


Figure 15: Close look to siliceous earth [12].

four articulated dumpers (4 x Volvo A30, Figure 17). The excavators are used for the dismantling of overburden as well as for the extraction of the mineral. One pair of Slepner E70-800 (Figure 18) is used for all of the three excavators [13].

The small scale quarries in the region around Neuburg a.d. Donau are at an altitude of about 400 to 500 metres above normal height zero. The typical size of the quarries is about 150 x 250 to 250 x 400 metres in a horizontal projected surface.

All open cast mines are located in an area of 6.5 x 2.3 kilometres, 5.3 to 8.6 kilometres away from the processing

wird auch Sillitin oder Sillikolloid genannt (Figure 15) [12].

Mit 16 Mitarbeitern im Bereich der Rohstoffgewinnung im Gebiet Neuburg a.d. Donau werden mit durchschnittlich 4 offenen Kleintagebauen etwa 60.000 Tonnen

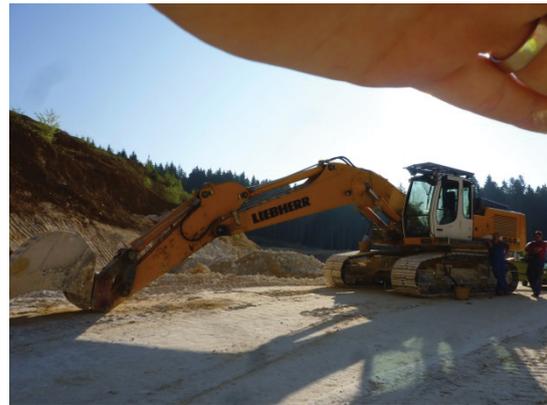


Figure 16: Liebherr R944C at Neuburg a.d.D..

Kieselerde pro Jahr gewonnen und etwa 2 Millionen Kubikmeter pro Jahr als Gesamttransportmenge gefördert. Mit 3 Hydraulikbaggern (3 x Liebherr R944C, Figure 16) wird sowohl der Abraum über der Lagerstätte als auch das Wertmineral selbst gefördert. Mit 4 knickgelenkten Muldenkippern (4 x Volvo A30, Figure 17) werden die Massen transportiert und abgefördert. Ein Paar Slepner E70-800 (Figure 18) wird mit allen 3 Hydraulikbaggern benutzt [13].

Die Kleintagebaue in der Region um Neuburg an der Donau liegen auf etwa 400 bis 500 Metern Höhe über Normalhöhennull und haben eine in die



Figure 17: Volvo A30 used in Neuburg a.d.D..



Figure 18: Slepner E70-800 in open pit mine.

plant in the middle of the town. The transport of the mineral from the stockpiles near the quarries to the processing plant is done by standard road trucks on normal roads.

The Slepners are used 4 to 8 times per month to relocate the hydraulic excavators for distances ranging between 1 and 6 kilometres on forestry roads. The average operating time of excavator usage is about two times 120 hours per month, because only two excavators are in use during normal working procedures. The maintenance takes place every 3.000 operating hours at the workface. The typical roadways are shown in Figure 19 (Roadways marked red, quarries marked yellow, processing plant green).

Horizontale projizierte Flächenausdehnung von 150 x 250 Metern bis 250 x 400 Metern. Alle Tagebaue befinden sich derzeit in einer Region von 6,5 x 2,3 Kilometern und sind etwa 5,3 bis 8,6 Kilometer entfernt von der Aufbereitungsanlage. Die Strecke von den Zwischenlagern in Abbaunähe zur Aufbereitungsanlage wird mit normalen Lastkraftwagen zurückgelegt.

Das Slepner Paar wird durchschnittlich 4 bis 8 mal pro Monat verwendet, um einen der Hydraulikbagger über eine durchschnittliche Entfernung von 1 bis maximal 6 Kilometern über Forststraßen zu versetzen. Durchschnittlich werden zwei der Hydraulikbagger für 120 Stunden pro Monat betrieben, und alle Bagger werden etwa alle 3000 Betriebsstunden am Abbauort gewartet. Die typischen Fahrwege sind in Figure 19 aufgetragen (Fahrwege rot, Tagebaue gelb, Aufbereitung grün).

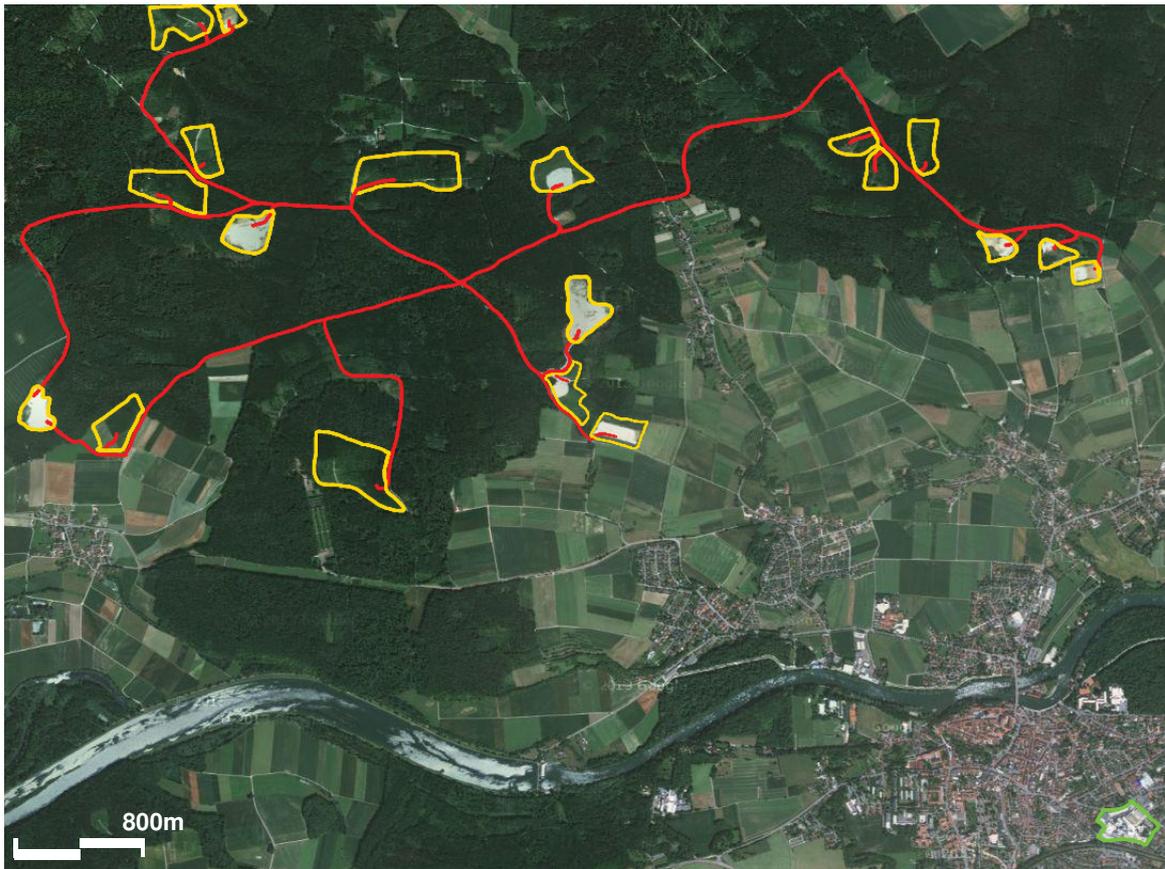


Figure 19: Typical Sleiþner roadways at Hoffmann Minerals (green = processing plant, yellow = quarries, red = roadways) [6].

3.3 Schäfer Kalk – Diez (GER)

The Schäfer Kalk Company mines limestone in Hahnstätten, near Diez in the south east of the federal state of Rhineland-Palatinate. The limestone deposit is a 350 million year old Devonian reef limestone with the lowest proportions of secondary minerals and one of the purest limestone deposits in Europe [14]. The for 150 years and now in the fifth generation existing private company is the world's largest single

Die Firma Schäfer Kalk baut in Hahnstätten in der Nähe von Diez im südöstlichen Rheinland-Pfalz den Rohstoff Kalkstein ab. Bei dem Kalksteinvorkommen handelt es sich um einen „350 Mio. Jahre alten Massenkalk aus dem Devon mit geringsten Anteilen an Nebenmineralien“ und um „eines der reinsten Kalksteinvorkommen in Europa“ [14]. Das seit 150 Jahren und in nunmehr 5. Generation existierende

producer of hydrated lime and mines annually over 3.2 million tons of limestone from its quarries [15].

In the quarry near Hahnstätten they load the mineral by two hydraulic excavators (1 x Liebherr R954, Figure 20; 1 x Hitachi 670 Z, Figure 21) and several dumpers of the type Caterpillar 775 F (Figure 22).



Figure 20: Liebherr R954 (example) [16].



Figure 21: Hitachi 670 Z (example) [17].



Figure 22: Caterpillar 775 F (example) [18].



Figure 23: Slepner E90-600 in Hahnstätten.

Since October 2006 until 2011 also a Slepner E90-600 (Figure 23) was used with the excavators [15].

The quarries in the region around Hahnstätten are at an altitude of about

Privatunternehmen ist der weltweit größte Einzelproduzent für Kalkhydrat und baut jährlich über 3,2 Millionen Tonnen Kalkstein in seinen Steinbrüchen ab [15].

Im Steinbruch in Hahnstätten wird die Förderung des Wertminerals mit 2 Hydraulikbaggern (1 x Liebherr R954,

Figure 20; 1x Hitachi 670 Z, Figure 21) sowie mehreren Muldenkippern des Typs Caterpillar 775 F (Figure 22) bewerkstelligt. Von Oktober 2006 bis 2011 wurden diese durch einen Slepner

100 to 120 metres above normal height zero. The deepest point of the limestone quarry in the north of the town is at an altitude of 14 metres above normal height zero and is the deepest point of the federal state of Rhineland-Palatinate. The sizes of the quarries are about 470 x 520 metres and 420 x 300 meters in a horizontal projected surface. All quarries are close to the processing plant.

The Slepners were used up to 16 times per month to relocate the hydraulic excavators to an average distance from 1.5 to 3 kilometres through a separate road. Since 2011 this road has been closed and since that moment the Slepner has not been in use any more. The average operating time of the excavators is about 250 to 330 hours per month. The maintenance takes place at the own workshop of the plant according to the maintenance interval instructions of the manufacturer. The typical routes that were used are shown in Figure 24 (Roadways marked red, workshop marked green).

E90-600 (Figure 23) ergänzt [15].

Die Tagebaue der Firma Schäfer Kalk des Werkes Hahnstätten liegen auf einer Höhe von etwa 100 bis 120 Metern über Normalhöhennull. Die tiefste Stelle des Kalksteinbruchs im Norden von Hahnstätten liegt auf einer Höhe von 14 Metern über Normalhöhennull und bildet somit den tiefsten Punkt von Rheinland-Pfalz [19]. Die in die Horizontale projizierte Flächenausdehnung der Tagebaue liegt zwischen 470 x 540 Metern und 420 x 300 Metern. Die Abbaue befinden sich in unmittelbarer Nähe zu der zentralen Aufbereitungsanlage. Das Slepner Paar wurde durchschnittlich bis zu 16 Mal pro Monat verwendet, um Strecken zwischen 1,5 und 3 Kilometern pro Versetzvorgang über eine separate Verbindung zurückzulegen. Seit 2011 ist diese Verbindung jedoch geschlossen worden, und das Slepner Paar findet derzeit keine Verwendung mehr. Die Hydraulikbagger werden etwa 250 bis 330 Stunden pro Monat betrieben und nach Herstellerangaben in der bis zu 1,2 Kilometer entfernten betriebseigenen Werkstatt gewartet. Die typischen Fahrwege sind in Figure 24 aufgetragen (Fahrwege rot, Werkstatt blau).



Figure 24: Typical Slepner roadways at Schäfer Kalk (blue = workshop, red = roadways) [6].

3.4 Rheinkalk – Salzhemmendorf (GER)

The Salzhemmendorf plant belonging to the Rheinkalk Group is a part “of the world’s largest producer of lime and dolomite products” [20]. It is the only plant of the group which produces burned dolomite for the steel industry [21]. The two correlated mining areas with a spacing of 50 metres to each other called Voska and Burela (Figure 25) are located about one kilometre in eastern direction of the processing and administration plant, which are in the

Das Werk Salzhemmendorf der Rheinkalk Gruppe, welche sich „unter dem Dach des belgischen Lhoist-Konzerns, dem weltgrößten Hersteller von Kalk- und Dolomiterzeugnissen“ [20] befindet, „ist das einzige Werk der Rheinkalk-Gruppe, welches gebrannten Dolomit für die Stahlindustrie erstellt“ [21]. Die beiden 50 Meter voneinander entfernten, aber zusammen-hängenden Abbaugelände Voska und Burela (Figure 25) befinden sich etwa einen Kilometer in

southern part of the town Salzhemmendorf in the federal state of Lower Saxony. The mined minerals dolomite, limestone and dolomitic limestone are sold as sinter belt sand, limestone gravel and sand, dolomite gravel and sand, as well as burned dolomite and calcareous magnesian chalk.

With 25 employees at the plant, of which 7 people are working in the section of mining and transportation, 450 to 500 thousand tons of mineral are mined per year. One hydraulic excavator (Liebherr R 974, Figure 26) and 2 dumpers (1x Caterpillar 773; 1x Komatsu HD 605, Figure 27) are used in both mining areas and are supplemented by a pair of Slepner E90-600 (Figure 28). The transport distance between the primary crusher (located at the two interrelated mining areas) and the processing plant is done by conveyor belts [22]. The two mining areas are at an altitude of about 180 to 280 metres



Figure 25: Voska (blue) and Burela (green) [24].

östlicher Richtung der Aufbereitung [23]. Die Werksanlagen befinden sich im südlichen Teil der Stadt Salzhemmendorf, im nieder-sächsischen Tal der Saale im Bundesland Niedersachsen. Der hier abgebaute Dolomit, Kalkstein und dolomitische Kalkstein wird als Sinterbandsand, Kalksteinsplitt und -Sand, Dolomitsplitt und -Sand, sowie gebrannter Dolomit oder kohlen-saurer Magnesium-Kalk vertrieben [21].

Mit 25 Personen im gesamten Werk Salzhemmendorf, von denen 7 Personen im Bereich Steinbruch tätig sind, werden pro Jahr etwa 450 bis 500 tausend Tonnen Rohstein umgeschlagen. Ein Hydraulikbagger des Typs Liebherr R974 (Figure 26) sowie 2 Muldenkipper (1 x Caterpillar 773; 1 x Komatsu HD 605, Figure 27) werden in den beiden Abbaugebieten eingesetzt und durch ein Slepner Paar des Typs E90-600 (Figure 28) ergänzt. Die beiden zusammenhängenden Abbaugebiete



Figure 26: Liebherr R 974 at Salzhemmendorf.



Figure 27: Komatsu HD 605 at Burela open pit.

above normal height zero. The size of each area is about 370 x 500 metres in a horizontal projected surface.

The Sleinners are used 8 to 9 times per month to relocate the hydraulic excavator to an average distance of 1.5 to 2 kilometres from one mining area to the other. The average operating time of the excavator is about 120 hours per month in single shift operation. A short maintenance sequence takes place every 500 and an extensive maintenance sequence takes place every 1000 operating hours. All planned maintenance work is done in the workshop near the mining area. The typical travel ways are shown in Figure 29 (Roadways marked red, workshop marked blue, processing plant marked green).



Figure 28: Sleinners E90-600 from Rheinkalk.

liegen auf einer Höhe von 180 bis 280 Metern über Normalhöhennull und haben eine in die Horizontale projizierte Flächenausdehnung von jeweils 370 x 500 Metern. Die Distanz zwischen dem sich im Abbaubereich befindlichen Vorbrecher und der Aufbereitungsanlage wird mittels Bandanlagen bewerkstelligt [22].

Das Sleinners Paar wird durchschnittlich 8 bis 9 Mal pro Monat verwendet, um den Hydraulikbagger über eine durchschnittliche Distanz von 1.5 bis 2 Kilometern von einem zum anderen Abbaugelände oder zu der sich auf gleichem Gelände befindlichen Werkstatt zu transportieren. Der Hydraulikbagger wird alle 500 Betriebsstunden einer kleinen und alle 1000 Betriebsstunden einer großen Inspektion in der betriebseigenen Werkstatt unterzogen. Durchschnittlich wird der Hydraulikbagger für 120 Stunden pro Monat im Einschichtbetrieb zur Wertsteingewinnung eingesetzt.

Die typischen Fahrwege sind in Figure 29 aufgetragen (Fahrwege rot, Werkstatt blau, Aufbereitung grün).



Figure 29: Typical Slepner roadways at Rheinkalk Salzhemmendorf (green = processing plant, red = roadways, blue = workshop) [6].

3.5 Hope Construction Materials – Hope Valley (GBR)

The Hope Construction Materials Company runs and owns the quarry Hope Works located in the Hope Valley in the district of Derbyshire in England on the main British Island Great Britain of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. With “more than 150 sites across England, Scotland and

Die Firma Hope Construction Materials betreibt den Steinbruch Hope Works im Hope Valley im Verwaltungsbezirk Derbyshire im Staat England auf der Britischen Hauptinsel des Vereinigten Königreichs Großbritannien und Nordirland. Mit „150 Abbaubetrieben in England, Schottland und Wales“ ist

Wales” is “Hope Construction Materials [...] Britain’s leading independent supplier of cement, ready mix concrete, aggregates and asphalt” [25]. The limestone quarry is part of the homonymous cement factory that is 700 metres away in eastern direction.

“Over 800 employees plus 400 contract drivers” in the entire Group are generating an “approximately £300 million” British Pound “annual turnover” [25]. The annual production of 1.8 million tons of the quarry Hope Works is done by one hydraulic excavator (Caterpillar 390 D, Figure 30) and a wheel loader (Caterpillar 990) as auxiliary equipment. Four dumpers (Caterpillar 775 G, Figure 31) are transporting the loaded rock to the primary crusher at the exit of the open pit.

A pair of Slepners E90-750 (Figure 32) is used to relocate the excavator from one bench to another (Figure 33) and to the workshop [26].

The Hope Works cement factory is situated at an altitude of about 200 metres above sea level of Newlyn, the quarry at an altitude of 225 to 385 metres. The ground use is about 380 to 560 x 1300 metres in a horizontal projected surface. The transport from the crusher to the the cement factory is done by conveyor belts.

The Slepners are used 50 to 75 times per month to relocate the

„Hope Construction Materials der führende unabhängige Anbieter von Zement, Fertigmischbeton, Zuschlagstoffen und Asphalt im Vereinigten Königreich“ [25]. Der Kalksteinbruch ist Rohstofflieferant des angegliederten gleichnamigen Zementwerkes und liegt etwa 700 Meter in südöstlicher Richtung davon entfernt.

Mit „über 800 Mitarbeitern und 400 Auftragsfahrern“ „wird ein jährlicher Umsatz von ungefähr 300 Millionen“ [25] Britischen Pfund erwirtschaftet. Der Kalksteinbruch Hope Works erzielt mit einem Hydraulikbagger des Typs Caterpillar 390 D (Figure 30) und einem Hilfsgerät des Typs Caterpillar 990 eine Jahresproduktion von rund 1,8 Millionen Tonnen.

Für den Transport des Rohsteins zu dem am Tagebaurand befindlichen Brecher werden 4 Muldenkipper vom Typ Caterpillar 775 G (Figure 31) verwendet. Ein Slepner Paar des Typs E90-750 (Figure 32) ist zum schnelleren Versetzen des Hydraulikbaggers zwischen den verschiedenen Abbauetagen und -orten im Einsatz [26].

Das Zementwerk Hope Works befindet sich auf einer Höhe von 200 Metern über dem Meeresspiegel von Newlyn, der Steinbruch liegt auf einer Höhe von 225 bis 385 Metern.



Figure 30: Caterpillar 390 D at the workshop.



Figure 31: 3 Caterpillar 775 G at Hope Works.



Figure 32: Slepner E90-750 from Hope Works.



Figure 33: Slepner System Solution in use.

hydraulic excavator to an average distance of 1 to 2 kilometres from bench to bench as well as to the workshop. The average operating time of the excavator is about 160 hours per month. The maintenance takes place in the workshop according to the maintenance intervals given by the manufacturer of the excavators. The typical travel routes are shown in Figure 34 (Roadways marked red, workshop marked blue, processing plant green).

Die in die Horizontale projizierte Flächenausdehnung beträgt 380 bis 560 x 1300 Meter. Die Distanz zwischen dem sich im Steinbruch befindlichen Vorbrecher und der Aufbereitungsanlage im Zementwerk wird mittels einer Bandanlage bewerkstelligt.

Das Slepner Paar wird durchschnittlich 50 bis 75 Mal pro Monat verwendet, um den Hydraulikbagger über eine durchschnittliche Distanz von 1 bis 2 Kilometern von einer zu einer anderen Abbauetage oder zu der sich auf gleichem Gelände befindlichen Werkstatt zu transportieren. Der

Hydraulikbagger wird nach Herstellerempfehlung gewartet und dazu immer in die betriebseigene Werkstatt versetzt. Durchschnittlich wird der Hydraulikbagger für 160 Stunden pro Monat im Einschichtbetrieb zur Wertsteingewinnung eingesetzt. Die typischen Fahrwege sind in Figure 34 aufgetragen (Fahrwege rot, Werkstatt blau, Aufbereitung grün).

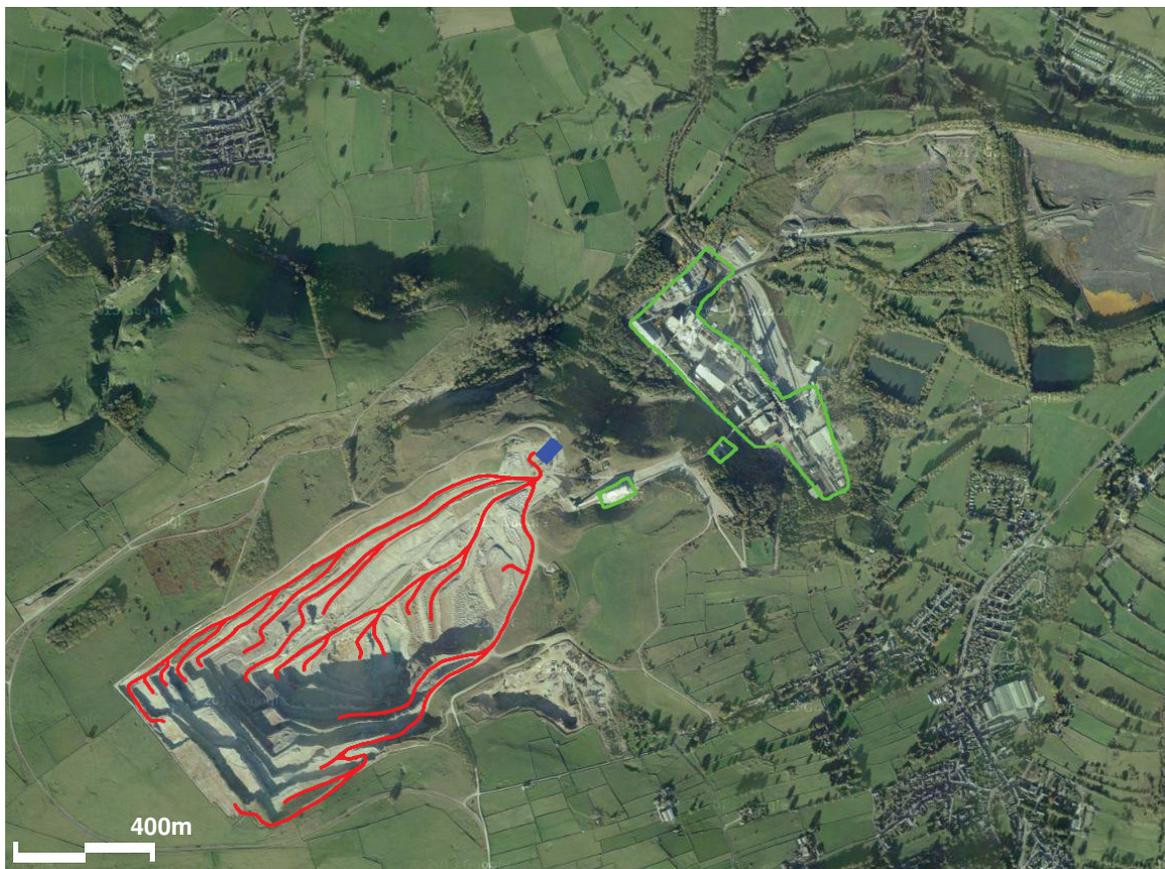


Figure 34: Typical Sleipner roadways at Hope Works (green = processing plant, red = roadways, blue = workshop) [6].

4. Data Collection

To achieve the goal of getting accurate and especially comprehensive and meaningful data from as many companies as possible, where the Slepner System Solution is in use, first over 60 companies in over 25 countries and 13 different time zones were contacted by telephonic contact and digital correspondence. The questionnaire shown in chapter 4.2 was sent with the request to complete it as well and completely as possible. Due to lack of response and the problem to get these questionnaires routed to the right people within the operation, it quickly became clear, that this approach was in this form no further promising and must be discarded. A limitation to operations within Western Europe, which were contacted more intensive and visited in a second step, also brought mostly only limited progress with only partially completed questionnaires and some even contradictory informations, beside also a few promising answers sheets and contacts. These promising answers where characterised by detailed knowledge, and diligent processing of the asked operations. Furthermore good personal contacts could be established, which were used in the third approach and supplemented by personal visits of operations and companies and data

Um das Ziel, möglichst genaue und vor allem umfangreiche und aussagekräftige Daten von möglichst vielen Betrieben, welche die Slepner Systemlösung im Einsatz haben, zu erlangen, wurden zunächst durch fernmündlichen Kontakt und digitalen Schriftverkehr über 60 Betriebe in über 25 Ländern und 13 verschiedenen Zeitzonen kontaktiert und digitale Fragebögen aus Kapitel 4.2, mit der Bitte, diese so gut und vollständig wie möglich auszufüllen, zugesandt. Aufgrund mangelnder Resonanz und der Problematik, diese Fragebögen an die richtigen Personen innerhalb der Betriebe zu leiten, wurde schnell klar, dass dieser Ansatz in dieser Form nicht weiter erfolgs-versprechend ist und verworfen werden muss. Eine Beschränkung auf Betriebe innerhalb West-Europas, welche intensiver kontaktiert wurden, brachte auch hier größtenteils nur geringen Fortschritt und nur teilausgefüllte Fragebögen mit zum Teil sogar widersprüchlichen Angaben, neben aber auch ein paar viel versprechenden Antwortbögen und persönlichen Kontakten. Diese vielversprechenden und durch Detailwissen geprägten Antwortbögen und die dahinter stehenden Kontakte wurden im dritten Ansatz genutzt und durch persönliche

collection with stopwatch and camera on site. This smaller selection of companies and mine sites than originally planned was able to provide a plausible and informative data set, which is able to serve as the basis of this study.

The questionnaire was dedicated to consider all parameters and informations that are necessary to provide a complete overview of the whole application of the Slepner System Solution in the respective operation. Monetary information (eq. costs, maintenance advantages) turned out to be a very sensitive information and was not provided by the companies. However, even without the knowledge of this data an insight into the cost structure and the benefits of the Slepner System Solution was possible, solely by analysing the technical data.

The following chapter is intended to provide more detailed informations.

Besuche der Betriebe und Datenerfassung mit Stoppuhr und Fotokamera vor Ort ergänzt und brachten auch bei einer kleineren als der ursprünglich geplanten Auswahl von Betrieben, in denen die Slepner Systemlösung im Einsatz ist, bereits plausible und aussagekräftige Datenreihen hervor, die nun als Grundlage für diese Studie dienen.

Der Fragebogen sollte inhaltlich alle notwendigen Parameter berücksichtigen, die notwendig sind, um einen vollständigen Überblick über die Einsatzweise der Slepner in dem jeweiligen Betrieb zu liefern, und um auch ohne Angaben über Kosten oder geldwerte Vor- oder Nachteile des Systemeinsatzes, welche sich immer als sensibel eingestuft herausstellten, einen Einblick in das Thema des Kosten-Nutzen Vergleichs möglich zu machen.

Das folgende Kapitel soll dazu weitere detaillierte Informationen geben.

4.1 Investigated Parameters

The selection of the as questions collected data and parameters, which were integrated in the survey questionnaire, were due to the principle: "As much and as simple as possible".

Die Auswahl der als Fragen formulierten erhobenen Daten und Parameter, die zur Umfrage auf den versandten Bogen gelangten, waren dem Prinzip „So viel wie nötig, so wenig wie möglich“ geschuldet.

All important and for the analysis necessary data should be collected, but the contact persons of the operations should not be discouraged to be part of this survey by a too extensive or detailed questionnaire. Furthermore, all questions should be formulated clearly and easily to be answered well and quickly without forcing the contact persons to obtain additional information by themselves.

It was divided into the following 5 different data collection groups in addition to the persons contact information:

1. Equipment
2. Procedure
3. Maintenance
4. Mine Planning
5. Costs

In the chapter *equipment* all parameters and data should be recorded that are linked to the usage of the Slepner Shoes, like the type of the used machines and their power and weight classes. This allows us to see relationships and correlations between the combinations of Slepners, Dumpers and Excavators.

In the data group *procedure* all the important comparable times including distances and height differences should be collected to get a general overview

Es sollten alle wichtigen und zur Analyse ausreichenden Daten erhoben werden, aber die Ansprechperson im Betrieb nicht mit einem zu umfangreichen oder zu detaillierten Fragebogen entmutigt werden, bei dieser Umfrage teilzunehmen. Außerdem sollten alle Fragen so klar gestellt sein, dass sie gut und schnell zu beantworten sind möglichst ohne selbst dazu noch Informationen einholen zu müssen.

Es wurde über die Personenkontaktdaten hinaus die Datenerhebung in folgende 5 Daten-gruppen unterteilt:

1. Betriebsmittel
2. Verfahren
3. Wartung
4. Abbauplanung
5. Kosten

Im Kapitel *Betriebsmittel* sollten alle Parameter und Daten bezüglich der in Kombination mit den Slepnerschuhen eingesetzten Geräte inklusive der Leistungs- und Gewichtsklassen erfasst werden um die eingesetzten Slepner und Bagger sowie Dumper in Relation zueinander sehen zu können und Korrelationen ausmachen zu können.

In der Datengruppe *Verfahren* sollten alle wichtigen Vergleichszeiten inklusive Distanzen und Höhen-unterschiede aufgenommen werden um einen kompletten Überblick über die

about the operating conditions and the geometry of the mine site.

The heading *maintenance* first includes the question about the place of the servicing as well as the possibly incurred comparable times, distances and height differences for maintenance times that will not take place at the working face. Moreover the question about already incurred maintenance at the Slepner Shoes as well as a possibly detectable change in the maintenance intervals on the undercarriage unit or the crawler tracks themselves is of interest. The target of that chapter is to get further informations about maintenance requirements and operating times of the driving chains and the undercarriage of the hydraulic excavators as well as of the Slepner Shoes themselves. Additionally the conditions of the systems under which a stop in the workshop would be realized should have been identified.

Whether or how the usage of the Slepners Shoes does impact the mining plan and management or if they effect a more selective extraction was asked in the chapter *mine planning* to be able to see if the advantages or disadvantages of the usage of the Slepner System Solution are transferred into a changed general mine planning and because of that hidden in the direct operation procedure.

In the final data group, entitled *costs*,

Einsatzbedingungen und die Geometrie der betrieblichen Verhältnisse zu erhalten.

Die Überschrift *Wartung* umfasst zuerst einmal die Frage nach dem Ort der Durchführung der Wartungsarbeiten sowie der eventuell anfallenden Vergleichszeiten inklusive Distanzen und Höhenunterschiede bei Wartungsarbeiten, die entfernt von der Abbaufont stattfinden. Darüber hinaus war die Frage über bereits angefallene Wartungsarbeiten an den Slepnern selbst sowie nach einer eventuell erkennbaren Veränderung der Wartungsintervalle am Geräteunterbau oder den Fahrketten von Interesse. Diese Daten sollen weiterführende Informationen über Wartungsintensität und Einsatzzeiten sowohl der Fahrketten und des Fahrwerkes des Hydraulikbaggers, als auch über die Slepner Schuhe aufzeigen und Rahmenbedingungen unter denen ein Werkstattaufenthalt realisiert wird erkennen lassen.

Ob und inwiefern sich der Einsatz der Slepner auf die Abbauplanung und Abbauführung oder einer eventuell selektiveren Gewinnung auswirkt, wurde im Kapitel *Abbauplanung* gefragt um erkennen zu können ob Vor- oder Nachteile der Benützung der Slepner Systemlösung in eine geänderte Generalplanung überführt wurden und

there was asked for the downtime costs of the excavator itself and also for possible resulting subsequent costs. The goal of this section was to allow estimations about the timespan from the point of investment in the Sleipner System Solution to the breakeven point, beside all the differences in using the Sleipner System Solution.

For any additional comments or other remarks a small free space was finally offered to allow the companies to inform more about some things that are maybe not taken into consideration in the survey to that point but seem to be important and need to be told.

nicht mehr im direkten Betriebsablauf zu erkennen sind.

In der abschließenden Datengruppe mit dem Titel *Kosten* wurde nach sich ergebenden Stillstandskosten des Hydraulikbaggers selbst, aber auch sich daraus eventuell ergebenden Folgekosten gefragt. Dieser Abschnitt hat das Ziel über alle Einsatzunterschiede hinaus eine direkte Abschätzung über die Zeitspanne geben zu können ab der sich die Investitionen in die Systemlösung in einem Geldwerten Erlös niederschlagen.

Für eventuelle zusätzliche Bemerkungen oder sonstige Anmerkungen war zu guter Letzt ein Freiraumfeld geboten um den Betrieben die Möglichkeit einzuräumen über Dinge zu informieren, die bisher nicht in der Umfrage berücksichtigt wurden, den Betrieben aber mitteilungsbedürftig oder wichtig für die Beurteilung der Sleipner Systemlösung erscheinen.

4.2 Questionnaire

The English questionnaire that was sent to each contact person before each operation visit and data collection on site is displayed on the following pages (Figures 35 to 38). The German version is shown in the annex (Figures 67 to 70).

Der im Vorfeld an jede Kontaktperson, zu jeder Betriebs-besichtigung und Datenerfassung vor Ort, versandte Fragebogen wird hier nun auf den folgenden Seiten ausschließlich in seiner englischen Fassung dargestellt (Figure 35 bis 38). Die deutsche Ausführung befindet sich im Anhang (Figure 67 bis 70).

Data collection: Slepner System

Company:	Date:
Your name:	
Your job title/position:	
Equipment:	
Which excavator(s) are in use with the Slepner System? (Type, operating weight)	
Which dumper(s) are in use with the Slepner System? (Type, operating power)	
Procedure:	
How often do you transfer the excavator per month with the Slepner?	
Which are the average distances travelled by the excavator with the Slepner?	
What is/was the average transport time required per process with and without Slepner?	
What is the average difference in altitude per transfer process with the Slepner?	
What average time is required for pull in/out of the Slepner?	

Figure 35: English questionnaire page 1 of 4.

Maintenance:
Do you repair the excavator at the working face in pit or in a workshop?
Workshop:
What is the average distance to be travelled between the working face and the workshop?
What is/was the average transport time required per process with and without Slepner?
What is the average difference in altitude between the working force and the workshop?
Slepner:
Since when are the Slepner(s) in use?
Is/was there a need of repair at the Slepner(s) itself? (Type, frequency, costs)
Generally:
Is a reduction of the maintenance costs at the chain/chain cassis recognizable?
Is it possible to give an estimation of the maintenance cost reduction (percentage or total)?
What is the average maintenance interval of the chain/chain chassis in your operation?
Is there an extension of the maintenance interval of the chain/chain chassis recognizable?

Figure 36: English questionnaire page 2 of 4.

4.3 Summary and Quality of Collected Data

The pure data collected by the survey are similar in several answer areas of some companies, but they are also quite different in some other parts. At the five observed plants there are one Sleipner E70, three Sleipner E90 and one Sleipner E120 in use. The weight span of the associated hydraulic excavators ranging accordingly from 45 tons total weight at the Hoffmann Minerals Company (Liebherr R944C) up to 125 tons at the VA Erzberg Company, where the Sleipner E120 is in use. The engine performance of the excavators and Sleipners in combination with the used dumper and articulated dump trucks describes a similarly large interval of 340 horse powers of the Volvo A30 devices (Hoffmann Minerals) up to 1200 horse powers of the Komatsu 985 at the Styrian Erzberg. In the survey three pairs of Sleipner are used to relocate the excavator inside one quarry and two pairs of Sleipner are used to transport the excavator from one quarry to another. The question about the monthly use of the Sleipners shows a very large range of 4 to 75 times, as well as the average transport distances to be moved with the hydraulic excavator of 1 up to 6 kilometres per usage. A maximum slope of up to 25 % as the maximum value for a section of the travelled route

Die reinen Datenergebnisse der Umfrage ähneln sich in einigen Betrieben in einzelnen Bereichen, in manchen Bereichen sind sie aber auch durchaus verschieden. In den fünf betrachteten Betrieben befinden sich ein Sleipner E70 im Einsatz, drei Sleipner E90 und ein Sleipner E120. Die Gewichtsspanne der dazugehörigen Hydraulikbagger reicht dementsprechend von 45 Tonnen Gesamtgewicht bei der Firma Hoffmann Minerals (Liebherr R944C), hinauf bis zu 125 Tonnen beim Sleipner E120 Einsatz bei der Firma VA Erzberg. Die Motorleistungen der in Kombination mit den Baggern und Sleipnern eingesetzten Muldenkippern und knickgelenkten Dumpfern beschreibt ein ähnlich großes Intervall von 340 PS bei den Volvo A30 Geräten (Hoffmann Minerals) bis hin zu 1200 PS bei den im Erzberg eingesetzten Komatsu 985. Innerhalb der Umfrage sind drei Sleipner Paare innerhalb eines Gewinnungsbetriebes im Einsatz, und 2 Sleipner Paare werden benützt, um Hydraulikbagger zwischen verschiedenen Betrieben zu versetzen. Eine sehr große Spanne ist beim monatlichen Einsatz der Sleipner von 4 bis zu 75 Mal aufgezeigt worden, genauso wie bei der durchschnittlichen den Hydraulikbagger zu versetzenden Transportdistanz von 1 bis zu 6

with Sleighers was reached at the Hoffmann Minerals Company. In the subchapters of chapter 5 it is also shown in detail that the collected data represent a reduction of time spent travelling on tracks of 54 up to 88 % and that 30 to 120 seconds are needed to 'pull-in' and 'pull-out' of the Sleighers by the hydraulic excavator. It is also shown that the wide span of increasing standup-time of 0.7 up to 78 % needs to be considered separately. The possible speed of travelling with the excavators with the Sleigher System Solution has a minimum value of 2.3 kilometres per hour at Schäfer Kalk, but the average travelling speed is communicated with 8 to 14 km/h by the companies that are still using the system. Scheduled Maintenance at the working face only takes place at Hoffmann Minerals. All other investigated companies move the hydraulic excavator to the central workshop utilizing the Sleigher Shoes. The Sleighers are still in use at all investigated companies, excepting Schäfer Kalk, where they only were in use till 2011. The Sleigher Pair E120 at the Styrian Erzberg is the one with the shortest duration of use with 12 months, the pair with the longest duration of use in the five surveyed companies is the Sleigher E70 at Hoffmann Minerals with 5 years and 10 months. For all pairs of Sleigher in this survey standard maintenance such as lubrication and

Kilometern. Eine maximale Steigung von bis zu 25 % als Maximalwert für eine Teilstrecke der mit Sleighern gefahrenen Route wurde bei der Firma Hoffmann Minerals erreicht. In den Unter-kapiteln des Kapitels 5 wird darüber hinaus detailliert aufgezeigt, dass die erhobenen Daten eine Reduktion der Versetzzeiten von 54 bis zu 88 % bedeuten, und dass für das Ein- und Ausfahren in und aus den Sleigher Schuhen mit dem Hydraulik-bagger durchschnittlich 30 bis 120 Sekunden von Nöten sind. Ebenfalls wird dort deutlich, dass die Zunahme der Verfügbarkeitszeiten des Hydraulik-baggers aufgrund reduzierter Versetzzeiten von 0,7 % bis zu 78 % für jeden Betrieb einzeln zu bewerten ist. Die Geschwindigkeiten, mit denen die Hydraulikbagger mittels der Sleigher System Lösung versetzt werden, liegen bei einem Minimum von 2,25 km/h im Betrieb Schäfer Kalk, im Durchschnitt aber bei 8 bis 14 km/h bei den Betrieben, die das Sleigher System derzeit benutzen. Die planmäßigen Wartungsarbeiten finden nur bei Hoffmann Minerals an der Abbaufont statt, bei allen anderen untersuchten Betrieben werden die Hydraulikbagger dazu in die betriebseigene Werkstatt mittels Sleigher Schuhen versetzt. Die Sleigher sind bei allen Betrieben noch im Einsatz, mit Ausnahme des Betriebes Schäfer Kalk. Das bisher am kürzesten im Einsatz befindliche Sleigher Paar

brake adjustment is conducted. Only in the Schäfer Kalk Company welding of some little cracks at the Sleipner chassis was necessary. At the pair of Sleipner of the Hope Construction Materials Company an additional end plate was welded in for a better fitting of the excavator chain. The details concerning the maintenance and intervals of the undercarriage of the hydraulic excavator and their driving chains, vary significantly and they are often very fragmentary and indifferent due to lack of monitoring or adherence to the maintenance intervals specified by the equipment manufacturers. In the chapter 'other observations' some of the mines provide the reasons for the acquisition and use of the Sleipner System Solution. These also show different information and interpretations ranging from the "advantage of the faster relocating the excavator between different opencast mines and associated lower problems with the Forest Service" [13] over the necessity of using a hydraulic excavator in an otherwise loaders dominated operation, 'because these cannot be used for the preparation of a boundary slope at the narrow benches' [27] to the 'advantage of higher tensile forces of hydraulic excavators and the remained flexibility in combination with the Sleipner System compared to the previously used wheel loaders' [26].

unter den untersuchten ist das seit 12 Monaten benutzte E120 Paar beim Steirischen Erzberg. Das sich am längsten bereits im Einsatz befindliche untersuchte Paar, mit einer derzeitigen Benützungsdauer von 5 Jahren und 10 Monaten, ist bei der Firma Hoffmann Minerals zu finden. Bei allen Sleipner Paaren dieser Umfrage sind die Standardwartungen wie regelmäßiges Abschmieren und seltener Bremsen Nachstellen bisher nötig gewesen, einzig bei der Firma Schäfer Kalk wurde angegeben, dass am Sleipner entstandene Risse geschweißt werden mussten. Bei dem Sleipner Paar der Firma Hope Construction Materials wurde zum besseren Sitz der Baggerketten in den Sleipnern eine zusätzliche Endplatte eingeschweißt. Bei den Angaben zu den Wartungsarbeiten und -Intervallen des Hydraulikbaggerunterbaus und den Fahrketten variieren die Werte sehr stark und sind zum Teil sehr lückenhaft bis indifferent aufgrund mangelnder Überwachung und/oder Festhaltens an den von den Geräteherstellern vorgegebenen Wartungsintervallen. In dem Bereich 'Sonstige Bemerkungen' wurden häufig die Gründe für die Anschaffung und Benutzung der Sleipner System Lösung angegeben. Diese zeigen ebenfalls verschiedene Angaben und Auslegungen. Angefangen von dem „Vorteil des schnelleren Versetz-

vorganges zwischen Tagebauen und damit verbundenen geringeren Schwierigkeiten mit der Forst-behörde“ [13] über die Notwendigkeit des Einsatzes eines Hydraulik-baggers innerhalb eines sonst Radlader dominierten Betriebes, „da diese auf den engen für die Herstellung einer Endböschung notwendigen Etagen nicht zum Einsatz kommen können“ [27] bis hin zu dem „Vorteil der höheren Reißkräfte bei Hydraulikbaggern und der in Kombination mit dem Slepner System erhalten gebliebene Flexibilität im Vergleich zu dem früheren Radladereinsatz“ [26].

4.3.1 Data Overview

Company	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Sleipner (type)	E120-700	E70-800	E90-600	E90-600	E90-750
Excavator (type/weight)	Komatsu SP1250; 125 t	3x Liebherr R944C; 45 t	Liebherr R954; 87 t Hitachi 670Z; 70 t	Liebherr R974; 80 t	Caterpillar 390D; 90 t
Loader (type/power)	3x Komatsu 785; 1000 PS 7x Komatsu 985; 1200 PS	4x Volvo A30; 340 PS	3x Caterpillar 775F; 800 PS	Caterpillar 773; 680 PS Komatsu HD 605; 740 PS	4x Caterpillar 775D; 800 PS
Process	In pit	Between quarries	Betwewn quarries	In pit	In pit
Usage/month [times]	4-12	4-8	14-16	8-9	50-75
Distance [km]	4-6	1-6	1.5-3	1.5-2	1-2
Height difference [m]	400	~200	Max 150	~100	150
Required time [min]	60-90	30-120	90-120	90-100	30-60
Required time (S) [min]	20-25	5-25	40-60	10-15	5-10
Pull in/out [min]	1	0.5	2	0.5	1-2
Operating/month [h]	300	2x 120	300	120	160
Workshop/ working face	Workshop	At working face	Workshop	Workshop	Workshop
Distance [km]	~4.5	---	Max 1.2	0.3-2	0.7-1.25
Height difference [m]	400	---	Max 100	20-80	Max 100
Required time [min]	60-70	---	50	15-100	25-40
Required tims (S) [min]	20	---	20	2-15	2-5
In use from/to	May 2012 - today	November 2007 - today	2006 to 2011	Jan 2008 - today	January 2012 - today
Maintenance Sleipner	Lubricate, adjust the brakes	Lubricate, adjust the brakes	Lubricate, adjust brakes, little cracks welding	Lubricate	Lubricate, adjust brakes
Reduction maintenance chain	Specified by manufacturers	Yes	No	Yes	Yes
Percentage of reduction	No information	No information		No information	No information
Maintenance interval chain	Every 500 h	3000 h	After inspection plan	No information	No information
Extension of interval	No information	0,5	No	Yes	No information
More flexible mine planning	No information	No	No	No	No
More flexible mine management	A bit	Yes	No	No	No
More selective extraction	No information	Yes	No	Yes	No
Other comments	Used for narrow benches	necessary for narrow benches			Same flexibility like wheel loaders but higher tensile forces

Table 01: Collected data overview [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].

5. Data Analysis

The extent of the collected data at the plants allows to combine several individual groups of data for comparison and analysis of different relationships.

It is possible to calculate the reduction of time spent while travelling on tracks from one point of extraction to the other or from one quarry to another and a comparison in percentage value can be given.

The increase of standup-time during the constant total working time and also a comparison statement in percentage value can be given. As a result, it is possible to derive the different speeds of the different 'Sleipner - Excavator - Dumper' combinations.

Similarly, the indication of the resulting better fuel economy and depending lowered emissions is possible to be shown in detail. The individual statements of changes in the maintenance procedures are also comparable.

These listed items are described in the following subchapters below and then summarized for each operation in detail.

Der Umfang der in den Betrieben erhobenen Daten lässt es zu, mehrere einzelne Datengruppen zu Vergleichsaussagen zu kombinieren.

Die Reduktion der Versetzzeiten der Hydraulikbagger von einem Abbaupunkt zu einem anderen oder von einem Tagebau zu einem anderen kann errechnet und eine prozentuale Vergleichsaussage getroffen werden.

Ebenso können die Erhöhung der Verfügbarkeit innerhalb der gleichbleibenden Gesamtarbeitszeit und eine prozentuale Vergleichsaussage ermittelt werden. Daraus resultierend ist es möglich, die Geschwindigkeiten des Versetzvorganges der einzelnen 'Sleipner - Bagger - Dumper' Kombinationen abzuleiten.

Ebenso ist die Angabe der resultierenden Reduktion des Spritverbrauches und den direkt damit zusammenhängenden reduzierten Emissionen im Detail möglich.

Die einzelnen Aussagen über Veränderungen in den Wartungsverläufen sind ebenso miteinander vergleichbar. Diese angeführten Punkte werden in den nachfolgenden Unterkapiteln detailliert dargestellt und anschließend für jeden Betrieb im Einzelnen zusammengefasst.

5.1 Travelling Time

The required times given by the companies, for the relocation of the excavator, with and without the Sleipner System Solution with their corresponding 'pull-in' and 'pull-out' times, are extrapolated to the total monthly time spent travelling. With this data the effective as well as the relative differences between Sleipners and the conventional system are calculated (Table 02; 'S' = with Sleipners).

Die von den Betrieben angegebenen Versetzzeiten, mit als auch ohne Einsatz der Sleipner System Lösung, inklusive der dazugehörigen Ein- und Ausfahrzeiten pro Versetzvorgang, wurden auf monatliche Gesamtzeitenbasis hochgerechnet und der effektive als auch prozentuale Unterschied herausgestellt (Table 02; 'S' steht dabei für Daten mit Sleipner Benutzung.).

	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Usage/month	4-12	4-8	14 - 16	8-9	50-75
Required time [min]	60-90	30-120	90-120	90-100	30-60
Required time (S) [min]	20-25	5-25	40-60	10-15	5-10
Pull in/out [min]	1	0.5	2	0.5	1-2
Total travelling time/month [h]	4-18	2-16	21-33	12-15	26-78
Total travelling time/month (S) [h]	1.0-5.0	0.4-3.4	9.8-16.5	1.4-2.3	5-12.5
Decrease of travelling time /month [h]	3-13	2-13	12-16	11-13	21-65
Decrease of travelling time (%)	66-71	82-79	54-49	88-85	81-84

Table 02: Investigation of travelling time in the investigated companies [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].

The result of that single examination of the needed timespan, for the relocation of the excavator, shows that the total duration of relocating per month can be reduced about 54 % up to a maximum of 85 % by using the Sleipner System Solution. Considered individually, these are reductions from up to 18 hours of relocating down to only 5 hours at the VA Erzberg, from maximum 16 hours down to just 3.4 hours at Hoffmann Minerals,

Das Ergebnis dieser Einzel-betrachtung der Versetzzeiten zeigt, dass die Gesamtdauer der Versetzzeiten pro Monat um 54 % im geringsten und um bis zu 85 % im größten Falle durch den Einsatz der Sleipner System Lösung reduziert werden können. Für sich genommen, ist dies eine Reduktion von maximal 18 Stunden Versetzzeit auf 5 Stunden pro Monat bei der Firma VA Erzberg, von maximal 16 Stunden auf

from 33 hours at Schäfer Kalk down to less than 16.5 hours, from a maximum timespan of 15 hours down to just 2.3 hours at Salzhemmendorf Plant of the Rheinkalk Company and from impressive 78 hours relocation timespan per month without using the Slepner System Solution down to just 12.5 hours with the Slepners at the British Hope Construction Material Company (see also Diagram 01 and 02; 'S' stands for the usage of the Slepner System).

3,4 Stunden bei der Firma Hoffman Minerals, von bis zu 33 Stunden auf unter 16,5 Stunden bei der Firma Schäfer Kalk, von maximal 15 Stunden auf unter 2,3 Stunden bei der Firma Rheinkalk im Betrieb Salzhemmendorf und von verhältnismäßig langen 78 Stunden Versetzzeit pro Monat ohne Benützung der Slepner System Lösung auf maximal 12,5 Stunden mit Slepner System bei dem britischen Werk Hope Works (vgl. auch Diagram 01 und 02; 'S' steht dabei für die Benützung der Slepner).

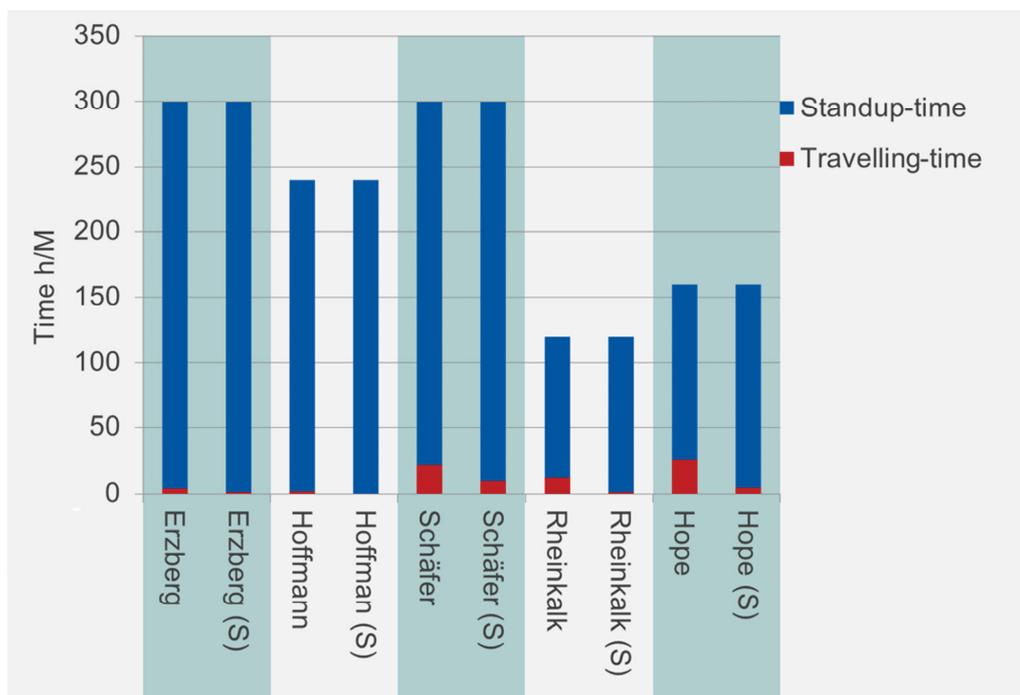


Diagram 01: Proportion of travelling-time per month with and without using the Slepners (total).

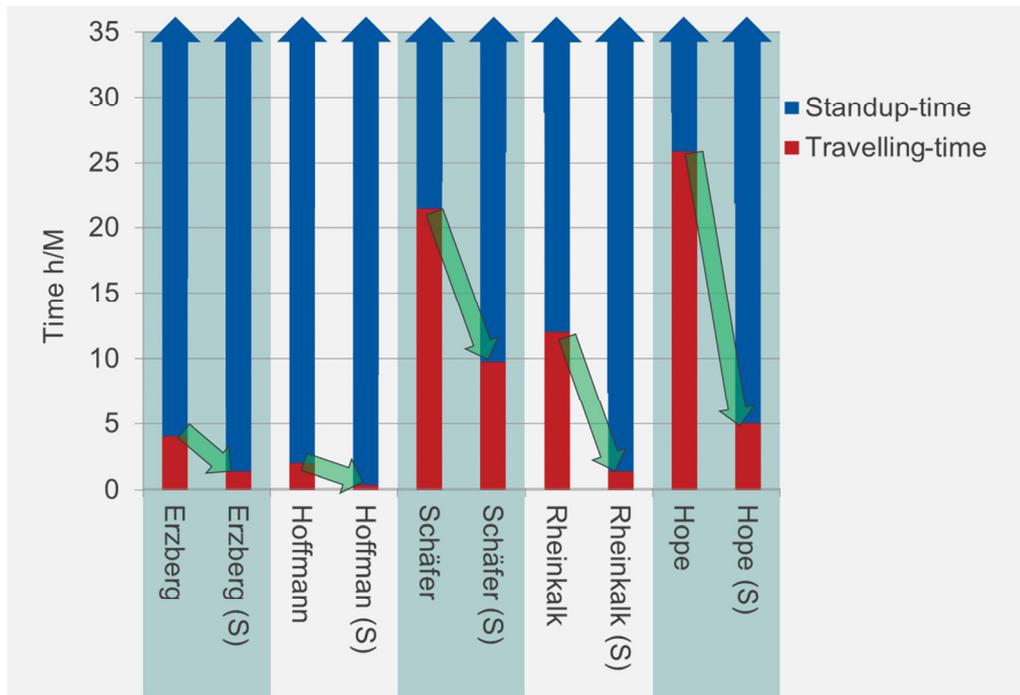


Diagram 02: Proportion of travelling-time per month with and without using the Slepners (zoom).

5.2 Standup-Time

The monthly operating times of the hydraulic excavators given by the plants, with and without the Slepner System Solution with their corresponding 'pull-in' and 'pull-out' times, were used to calculate the change of the standup-times in total values and also the percentage difference by the use of the Slepner System Solution. Table 03 demonstrates the difference in machine availability with and without the use of the Slepner System ('S' = Slepner usage).

Aus den von den Betrieben angegebenen monatlichen Einsatzzeiten der Hydraulikbagger, mit als auch ohne Einsatz der Slepner System Lösung, inklusive der dazugehörigen Ein- und Ausfahrzeiten, wurde die Veränderung der Verfügbarkeitszeiten durch den Einsatz der Slepner System Lösung sowohl als Effektivwert herausgestellt, als auch der prozentuale Unterschied errechnet (siehe Table 03; 'S' steht dabei für Daten mit Slepner-Einsatz).

	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Usage/month	4-12	4-8	14-16	8-9	50-75
Required time [min]	60-90	30-120	90-120	90-100	30-60
Required time (S) [min]	20-25	5-25	40-60	10-15	5-10
Pull in/out [min]	1	0.5	2	0.5	1-2
Operating/month [h]	300	2x 120	300	120	160
Travelling/month [h]	4.06-18.20	2.03-16.06	21.46-32.53	12.04-15.04	25.83-77.50
Travelling/month (S) [h]	1.40-5.20	0.36-3.39	9.79-16.53	1.37-2.29	25.83-77.50
Standup-time/month [h]	295.94-281.80	237.97-223.94	278.54-267.47	107.96-104.96	134.17-82.50
Standup-time/month (S) [h]	298.60-294.80	239.64-236.61	290.21-283.47	118.63-117.71	155.00-147.50
Total travelling time/month [h]	4.0-18.0	2.0-16.0	21.0-33.0	12.0-15.0	26.0-78.0
Total travelling time/month (S) [h]	1.0-5.0	0.4-3.4	9.8-16.5	1.4-2.3	5.0-12.5
Total standup-time/month [h]	296-282	238-224	279-267	108-105	134-82
Total standup-time/month (S) [h]	299-295	240-237	290-283	119-118	155-148
Increasing of standup-time /month [h]	2.7-13.0	1.7-12.7	11.7-16.0	10.7-12.8	20.8-65.0
Increasing of standup-time (%)	0.9-4.6	0.7-5.7	4.2-5.9	9.9-12.2	15.5-78.8

Table 03: Standup-time investigation [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].

Inspecting the results of the standup-times of the different quarries significant differences are recognizable.

At the Styrian Erzberg the increase of the standup-time of the hydraulic excavator is only 0.9 to 4.6 %, that corresponds a total increase of 2 h and 40 min up to 4 h and 36 min. That is attributed to the only small proportion of the travelling time even without using the Slepner System of a maximum of 6 % with 18 h spent travelling of the 300 monthly operational hours. Even if the time spent travelling on tracks can be decreased about 66 to 7 %, this only leads to an increase in the availability of 0.9 to 4.6 %.

At Hoffmann Minerals Company an increase of standup-time about 0.7 to 5.7 % is measurable. These numerical

Bei der Betrachtung des Ergebnisses der Verfügbarkeitszeiten der einzelnen Betriebe fallen deutliche Unterschiede auf.

Bei dem Betrieb der VA Erzberg beträgt die Steigerung der Verfügbarkeit des Hydraulikbaggers nur 0,9 bis 4,6 %. Dies entspricht einer Gesamtzunahme von 2 Stunden und 40 Minuten bis 4 Stunden und 36 Minuten. Zurückzuführen ist dies auf den auch nur geringen Anteil der Versetzzeiten bereits ohne Benützung des Slepner Systems von maximal 6 % mit 18 Stunden von der Gesamteinsatzdauer von 300 Stunden pro Monat. Auch wenn die Versetzzeiten mit Hilfe des Slepner Systems um 66 bis 71 % reduziert werden können, so bilden sie im Effekt doch nur eine Steigerung

values also are a result of the proportion of maximum 6.7 % travelling time of the total 240 hours of operation per month even by a decrease of the time spent travelling on tracks of 79 to 82 %.

At Schäfer Kalk the standup-time increases about 4.2 to 6 %, because of the about 49 to 54 % decreased time spent travelling on tracks that have been a maximum proportion of 10.8 % without using the Slepner System.

The increase of the standup-time at the Salzhemmendorf Plant of the Rheinkalk Group is about 9.9 to 12.2 %, because the about 85 to 88 % decreased travelling time had a maximum proportion of about 12.5 % of the total operational time without using the Slepner System.

At Hope Works the increase of the standup-time is from 15.5 up to a maximum of 79 %. The proportion of the total operating time travelling on tracks is about 48 % without using the Slepner System and that time can be decreased about 81 to 84 % by using the Slepner System (see also Diagram 03 and 04).

If the same proportion of time of the availability of the excavator (standup-time) is used for production by using the Slepner System Solution as using the conventional system for relocation of excavators, the production can be increased about the same percentage as the standup-time. It is therefore possible to achieve a real increase in the

der Verfügbarkeit von 0,9 bis 4,6 %.

Bei der Firma Hoffmann Minerals ist eine Steigerung von 0,7 bis 5,7 % zu erkennen. Diese Werte sind auch hier darauf zurückzuführen, dass der Versetzzeitanteil an der Gesamteinsatzdauer pro Monat auf beide Hydraulikbagger gesehen auch hier maximal 6,7 % entspricht, und mit einer Reduktion der Versetzzeiten sogar um 79 bis 82 % eine Erhöhung der Verfügbarkeit um nur 0,7 bis 5,66 % zu erreichen ist.

Bei der Firma Schäfer Kalk werden aufgrund des um 49 bis 54 % reduzierten Versetzzeitenanteils von bis zu 10,8 %, die Verfügbarkeitszeiten um 4,2 bis zu 6 % erhöht.

Im Werk Salzhemmendorf der Rheinkalk Gruppe wird eine Steigerung der Verfügbarkeitszeiten um 9,9 bis zu 12,2 % erreicht, da der nun um 85 bis 88 % reduzierte Versetzzeitenanteil an der Gesamteinsatzdauer ohne Benützung der Slepner Systemlösung bis zu 12,5 % betrug.

Die Firma Hope Construction Materials kann durch den Einsatz des Slepner Systems eine Erhöhung der Verfügbarkeit des Hydraulikbaggers von 15,5 bis zu 79 % verzeichnen, da der Versetzzeitanteil ohne Benützung des Slepner Systems bereits bis zu 48 % betrug, und diese Versetzzeiten durch den Einsatz der Slepner System Lösung um 81 bis 84 % reduziert werden

production by using the Sleighers.

konnten (vgl. Diagram 03 und 04).

Außerdem ist anzumerken, dass bei gleicher Ausnutzung der Verfügbarkeit für Produktionszeiten die Förderung und Produktion damit um denselben Prozentanteil gesteigert werden kann wie die Verfügbarkeit erhöht wird. Es ist also möglich durch die Benutzung der Sleighner Systemlösung anstelle der konventionellen Methode eine echte Produktionssteigerung zu erreichen.

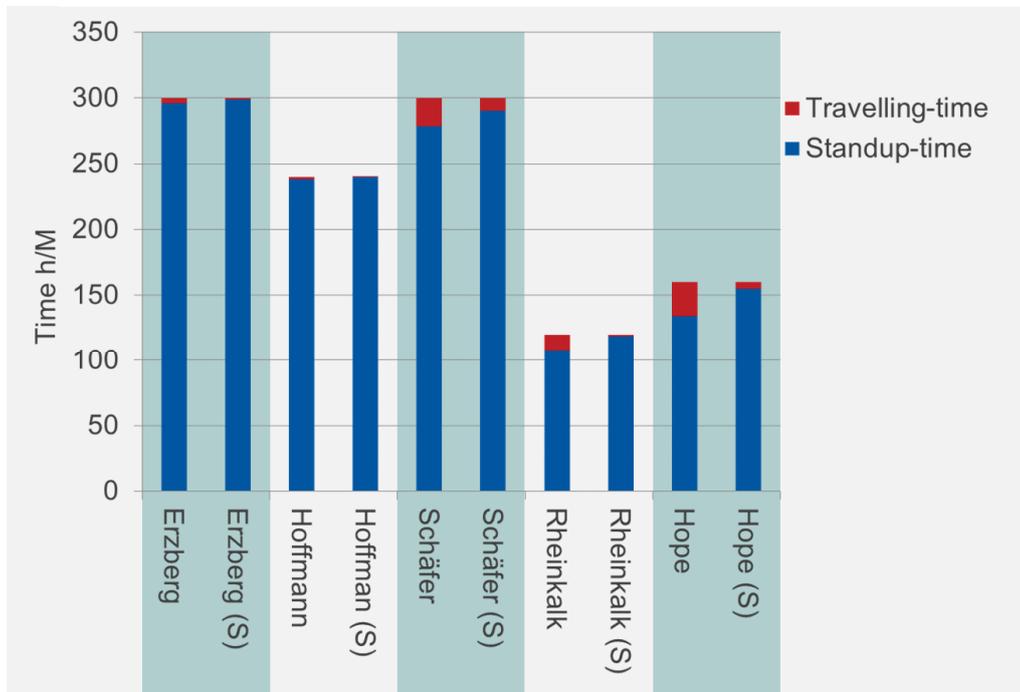


Diagram 03: Proportion of standup-time per month with and without using the Sleighers (total).

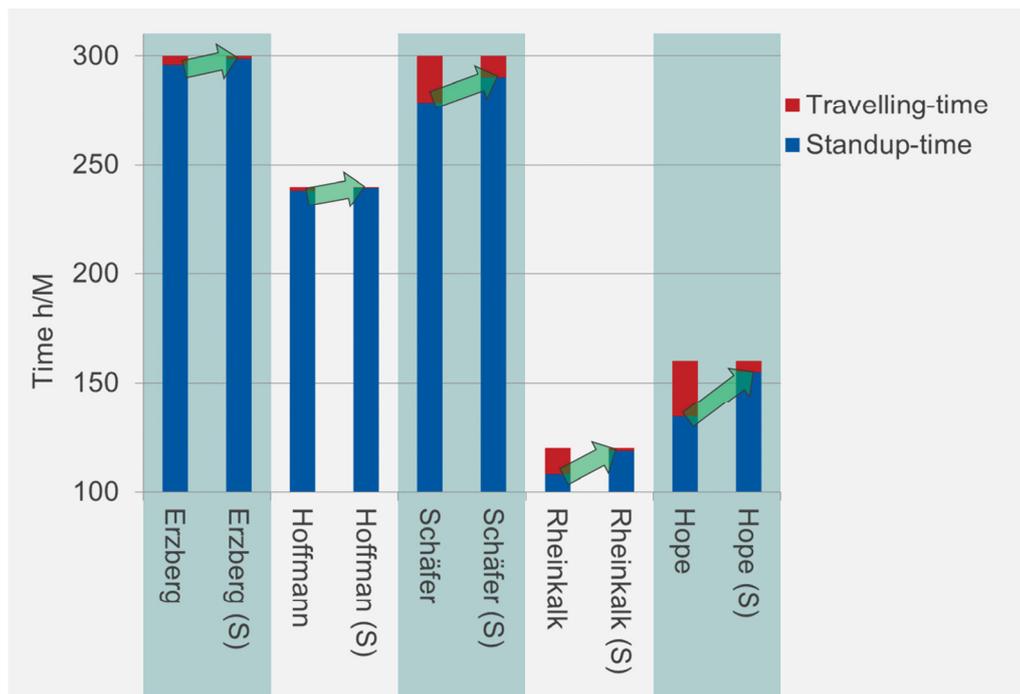


Diagram 04: Proportion of standup-time per month with and without using the Slepners (zoom).

5.3 Speed

The average speed of the chain driven hydraulic excavators while travelling with the Slepner System Solution or on their own chains is calculated by considering the average transport distances given by the companies and the associated needed time span for travelling the same ways with and without the Slepner System Solution and their corresponding 'pull-in' and out times (Table 04; 'S' stands for the Slepner usage).

Die durchschnittlichen Geschwindigkeiten, mit denen die kettengetriebenen Hydraulikbagger mit Hilfe des Slepner Systems versetzt werden als auch die durchschnittlichen Geschwindigkeiten, mit denen die Bagger eigenständig dieselbe Strecke fahren, werden mithilfe der von den Betrieben angegebenen durchschnittlichen Versetzdistanzen und den dazugehörigen Zeitangaben für die benötigte Strecke, mit als auch ohne Slepner Benützung, errechnet (Table 04, 'S' = Werte mit Slepner im Einsatz).

	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Distance [km]	4.0-6.0	1.0-6.0	1.5-3.0	1.5-2.0	1.0-2.0
Required time [min]	60-90	30-120	90-120	90-100	30-60
Required time (S) [min]	20-25	5-25	40-60	10-15	5-10
Pull in/out [min]	1.0	0.5	2.0	0.5	1.0-2.0
Velocity [km/h]	4.0	2.0-3.0	1.0-1.5	1.0-1.2	2.0
Velocity (S) [km/h]	12.0-14.4	12.0-14.4	2.25-3.0	9.0-8.0	12.0
Increasing velocity (total) [km/h]	8.0-10.4	10.0-11.4	1.3-1.5	8.0-6.8	10.0
Increasing velocity (%)	200-360	500-380	125-100	800-566	500

Table 04: Calculated speeds and changes to the conventional method [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].

The calculated velocities, with and without Slepners, shown in Table 04 differ in the increase of speed, of the self-driving excavators with chain undercarriage to the relocation of the same with the Slepner System Solution, as well as in the driven speed, between the different companies, itself. The increase of speed is between 200 to 360 % at the VA Erzberg Company from 4 to 12 km/h and can be explained in the following. The path to be travelled in the quarry just consists of a few straight lines of about 200 to 300 metres, but has many 180 degree turns with slopes up to 10 % of inclination, where the speed advantage of the Slepner System Solution can only be used partially. The calculated average speed at the Hoffmann Minerals Company increases from 2 to 3 km/h at the self-driving excavator up to 12 to 14.4 km/h by using the Slepner System Solution, representing an increase of speed of 380 to 500 %. The route of the relocation, is characterized by many straights, but just a few tight bends and only partially short

Die errechneten Geschwindigkeits-werte mit und ohne Slepner aus Table 04 unterscheiden sich sowohl in der Steigerung der Geschwindigkeit von den selbstfahrenden Hydraulikbaggern mit Kettenfahrwerk zu der Versetzung selbiger mit der Slepner System Lösung als auch in den gefahrenen Geschwindigkeiten an sich. Die Steigerung der Geschwindigkeit um 200 bis zu 360 % bei der VA Erzberg von 4 km/h auf 12 bis 14,4 km/h ist damit zu erklären, dass der zu fahrende Weg im Steinbruch aus wenigen geraden Strecken über 200 bis 300 Metern besteht, aber aus vielen bis zu 180 Grad Kehren in Verbindung mit Steigungen von bis zu 10 %, in denen ein Geschwindigkeitsvorteil der Slepner System Lösung nur bedingt zum Tragen kommt. Die errechneten Durchschnittsgeschwindigkeiten bei der Firma Hoffmann Minerals steigen von 2 bis 3 km/h bei selbst fahrendem Gerät auf 12 bis zu 14,4 km/h, was einer Steigerung von 380 bis 500 % entspricht. Diese Steigerung resultiert aus der

occurring slopes up to 25 %. The increase of 100 to 125 % by the self-driving excavator with a speed of 1 to 1.5 km/h to a speed of 2.3 to 3 km/h by relocation the excavator with the Sleipner System Solution at the Schäfer Kalk Company shows, that the Sleipner System, due to the routing and design of the quarry, cannot fully exploit its advantages concerning the average relocating speed. The Salzhemmendorf plant of the Rheinkalk Group reaches when moving with the Sleipner an average speed of 8 to 9 km/h. That means that the average speed of the self-driving excavator of 1 to 1.2 km/h increases by 566 to 800 %. This average relocation speed is the result of the typical travel distances of 1.5 to 2 kilometres and their corresponding 'pull-in' and out times and the combination of a 80 tons weighting excavator to an average 700 PS powered dumper.

At Hope Works the average relocation speed increased by using the Sleipner System Solution is about 500 %. The self-driving excavator reaches an average speed of 2 km/h while travelling on chains from one mining face to another; there are reached 12 km/h by relocating the excavator with the Sleipner System Solution. Those values are the result of the favorable route design of mostly straight sections with slope of only 8 % and only one 180 degrees turn per relocation.

Streckenführung der Versetzstrecken bei der Firma Hoffmann Minerals, welche von vielen Geraden und wenigen aber engen Kurven geprägt ist und nur kurze und vereinzelt aber bis zu 25 % steile Steigungsstrecken beinhaltet. Die Steigerung von 100 bis 125 % von einer selbstständig gefahrenen Geschwindigkeit von 1 bis 1,5 km/h auf eine Versetzgeschwindigkeit von 2,3 bis zu 3 km/h im Betrieb Schäfer Kalk zeigt, dass die Sleipner System Lösung aufgrund der Streckenführung und des Steinbruchdesigns dort seine Vorteile in Bezug auf die Versetzgeschwindigkeit nicht voll ausschöpfen kann. Der Betrieb Salzhemmendorf der Rheinkalk Gruppe erreicht beim Versetzen des Hydraulikbaggers mittels Sleipner System Lösung eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 8 bis 9 km/h, welches eine Steigerung von 566 bis 800 % bedeutet, ausgehend von einer selbstgefahrenen Geschwindigkeit von 1 bis 1.2 km/h. Diese durchschnittliche Versetz-geschwindigkeit ist das Resultat der Versetzdistanzen von 1,5 bis 2 Kilometern mit ihren Ein- und Ausfahrzeiten und einer 80 Tonnen zu 700 PS Baggergewicht zu durchschnittlicher Muldenleistung Kombination.

Um 500 % wird die durchschnittliche Versetz-geschwindigkeit durch den Einsatz der Sleipner System Lösung im Betrieb Hope Works erhöht. Der

Thus, these results reflect a combination of the excavator weight to dumper power ratio, the geometry of the relocation routs (compare with chapter 3.1 to 3.5) and the percentage proportion of 'pull-in' and 'pull-out' time into and out of the Slepner Shoes in relationship to the total time of relocation again.

selbstfahrende Hydraulikbagger erreicht eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 2 km/h während des Versetzvorganges, wohin gegen die Slepner System Lösung Geschwindigkeiten von 12 km/h erreicht. Diese Werte resultieren aus der für das Slepner System günstigen Streckenführung aus hauptsächlich geraden Strecken mit Steigungen von maximal 8 % und pro Versetzvorgang in der Regel nur einer Kehre.

Diese Ergebnisse spiegeln also eine Kombination aus Baggergewicht zu Dumper Leistung, der Geometrie der Streckenführung (vgl. auch Kapitel 3.5 bis 3.5) und dem zeitlichen Anteil des Ein- und Ausfahrens in und aus den Slepnern im Vergleich zur Gesamtversetzzeit wieder.

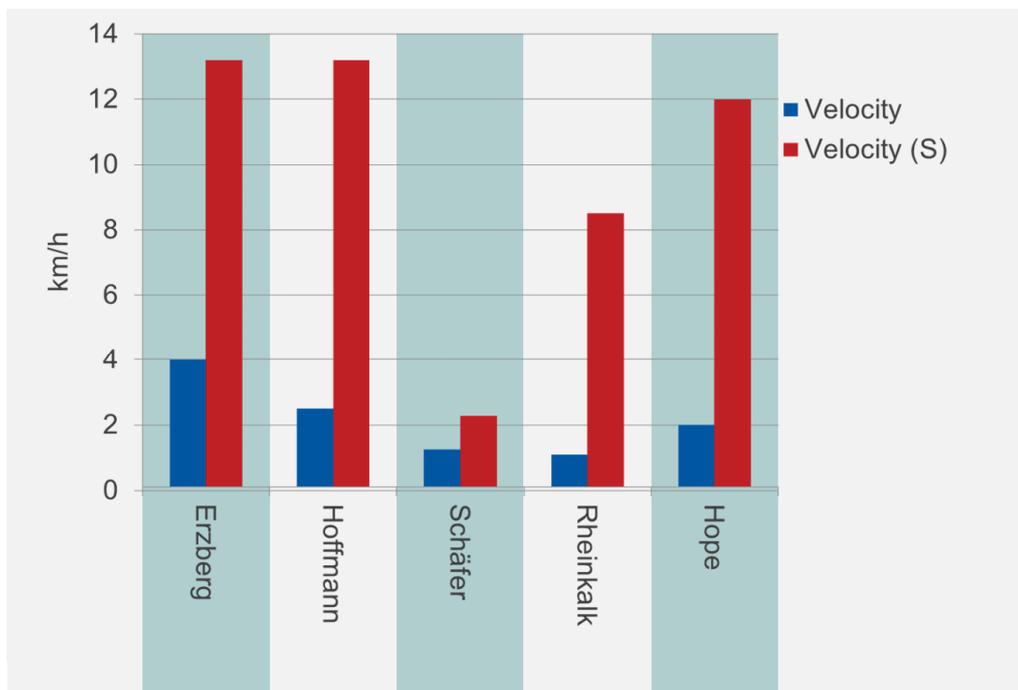


Diagram 05: Comparison of travelled speeds with and without the Slepners (total).

5.4 Fuel Consumption

The calculation of fuel savings due to the use of the Sleipner System is based on a lot of different data that need to be compared and combined with each other. The data of the fuel consumption per kilometre of the excavator while travelling on tracks and also the data of the Sleipner System Solution combination of the excavator, the Sleipners and the dumper per kilometre are combined with the number of relocations per month and the average distance per operation to take them onto a monthly basis. With the information about the fuel consumption of the excavator while digging and the data about the monthly standup-times with and without using the Sleipner System it is possible to calculate the total fuel consumption of digging on a monthly basis. The sum of the monthly digging fuel consumption and the monthly fuel consumption while travelling on tracks or with the Sleipner System gives the total fuel consumption of the whole operation with and without using the Sleipner System Solution. On that basis it is possible to calculate the total fuel savings per month and also the percentage savings of the Sleipner System Solution compared with the conventional method of relocating the hydraulic excavator.

Die Errechnung der Einsparung von Kraftstoff aufgrund der Benützung des Sleipner Systems basiert auf vielen Daten, die miteinander in Bezug gebracht werden müssen. Die Daten der Verbräuche des Hydraulikbaggers während des selbstständigen Fahrens pro Kilometer als auch die Verbrauchsdaten der Sleipner System Kombination aus Hydraulikbagger, Sleipner und Muldenkipper pro Kilometer wurden mit der Anzahl der Versetzvorgänge pro Monat und den durchschnittlichen Entfernungen pro Vorgang auf eine monatliche Basis hochgerechnet. Mit den Angaben zu den stündlichen Verbräuchen der Hydraulikbagger im Gewinnungsbetrieb und den Daten über die monatlich zur Verfügung stehenden Gerätenutzungsstunden ist es möglich, die monatlichen Verbräuche über die Zeit der reinen Rohstoffgewinnung zu kalkulieren. Die Summe aus den monatlichen Einzelverbräuchen, aus den Gewinnungszeiten und den Versetzzeiten mit und ohne Sleipner, ergeben den Gesamtkraftstoffverbrauch pro Monat, mit und ohne den Einsatz der Sleipner System Lösung. Aus diesen beiden Gesamtverbräuchen ist die totale Kraftstoffeinsparung, als auch die prozentuale Einsparung der Sleipner

	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Usage/month [times]	4-12	4-8	14-16	8-9	50-75
Distance [km]	4.0-6.0	1.0-6.0	1.5-3.0	1.5-2.0	1.0-2.0
Used Fuel/km trav. [l]	81.6	11.0	20.0	20.0	25.0
Used Fuel/km trav. (S) [l]	13.6	3.5	6.2	6.2	7.5
Safed fuel while travelling (%)	83.33	68.18	69.00	69.00	70.00
Fuel/month trav. [l]	1305.8-5875.2	44.0-528.0	420.0-960.0	240.0-360.0	1250.0-3750.0
Fuel/month trav. (S) [l]	217.6-979.2	14.0-168.0	130.2-297.6	74.4-111.6	375.0-1125.0
Standup-time/month [h]	295.9-281.8	237.9-223.9	278.6-267.5	107.9-104.9	134.2-82.5
Standup-time/month (S)	298.6-294.8	239.6-236.6	290.2-283.5	118.6-117.7	155.0-147.5
Fuel/month exc. [l]	31393.3-29893.3	7853.0-7390.0	13927.0-13373.5	5398.0-5248.0	10062.8-6187.5
Fuel/month total [l]	32699.1-35768.5	7897.0-7918.0	14347.0-14333.5	5638.0-5608.0	11312.8-9937.5
Fuel/month total (S) [l]	31610.9-30872.5	7867.0-7558.0	14057.2-13671.1	5472.4-5359.6	10437.8-7312.5
saved fuel/month (total) [l]	1088.2-4896.0	30.0-360.0	289.8-662.4	165.5-248.4	875.0-2625.0
saved fuel (%)	3.4-13.7	0.4-4.6	2.0-4.6	2.9-4.4	7.7-26.4

Table 05: Fuel consumption calculation [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26, 29].

The calculated total fuel consumptions and savings by using the Slepner System Solution show, that also the percentage reduction of used fuel turns out to be a bit different in each quarry, as well as the average relocation speed, the reduction of the travelling time and the increasing of the availability of hydraulic excavators. It is recognizable that the larger the hydraulic excavator is, the greater the potential savings during the relocation are. Distances and frequencies play a bigger role in the view of the total potential savings of a quarry. The Hope Works Plant shows saving varying between 7 and 26 %. The remaining plants are almost all in a range of 2 to 5 % of fuel saving by using the Slepner System, except the Styrian Erzberg, where the maximum potential saving is nearly 14 %. Compared to the percentage savings the effectively saved liters of fuel are very different from plant

Systemlösung gegenüber dem herkömmlichen Verfahren errechenbar. Die errechneten Gesamtkraftstoffverbräuche und Einsparungen durch den Einsatz der Slepner System Lösung zeigen, dass auch die prozentuale Einsparung von Kraftstoff je nach Betrieb etwas unterschiedlich ausfällt, ähnlich der durchschnittlichen Versetzgeschwindigkeiten, der Reduktion des Versetzzeitenanteils und der Erhöhung der Verfügbarkeit der Hydraulikbagger. Zu erkennen ist, je größer der Hydraulikbagger ist, desto größer ist das Einsparpotential während des Versetzvorgangs. Distanzen und Häufigkeiten spielen bei der Betrachtung des Gesamteinsparpotentials eines Betriebes aber eine erheblich größere Rolle, wie der Betrieb Hope Works des Unternehmens Hope Construction Materials mit einem Einsparpotential von über 7 bis zu 26 % beweist. Die

to plant because of the different sizes of the excavators and the depending fuel consumptions.

Please note, the calculated fuel consumption reductions refer to the same loading capacity per month. In real use, the measured total fuel consumption per month by using the Sleipner System Solution would be unnoticeable lower or in the extreme case even higher compared to the conventional method of relocating the excavators, because with the use of the Sleipners a higher productivity is reached, because of the decreased travelling proportion and the increased standup-time or availability for the same monthly operating time. One can see it in Diagram 06, where the process with and without the use of the Sleipner System Solution and the current fuel consumption is represented qualitatively. The height of each blue marked block represents the fuel consumption while excavating at one single location, the width represents the timespan of excavation at that point. The height of the red ones in between the blue represents the fuel consumption while travelling from one point of digging to another on tracks or with the Sleipners, depending on the Diagram. The width of the red blocks represents the needed timespan for travelling on tracks or on Sleipners. The total fuel consumption seems to be higher at the same time span using the Sleipner

restlichen untersuchten Betriebe liegen beinahe alle in einem Bereich von 2 bis 5 %, ausgenommen dem Steirischen Erzberg, dessen maximale Einsparung bis auf fast 14 % kommt. Im Vergleich zu den prozentualen Einsparungen sind die effektiv eingesparten Liter Kraftstoff von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich, aufgrund der verschiedenen Baggergrößen und den daraus resultierenden unterschiedlichen Kraftstoff-verbräuchen.

Zu beachten ist bei diesen angegebenen Verbrauchs-reduktionen, dass sie sich auf die identische Ladeleistung pro Monat beziehen. Im realen Einsatz der Sleipner System Lösung würde der totale pro Monat gemessene Kraftstoffverbrauch im Vergleich zu der konventionellen Methode unmerklich geringer oder sogar höher liegen, da nun mit dem Einsatz der Sleipner System Lösung eine pro Monat höhere Ladeleistung erreicht wird, aufgrund des nun an der Gesamteinsatzzeit geringeren Versetzanteils und höheren Verfügbarkeitsanteils bei gleichbleibender monatlicher Gesamteinsatzdauer. Dies ist in Diagram 06 qualitativ dargestellt. Hierbei repräsentiert die Höhe eines jeden blauen Blocks den Kraftstoffverbrauch während des Baggerns und die Breite die Dauer des Einsatzes. Die Höhe der roten Blöcke, welche sich zwischen den blauen befinden zeigt den

System Solution, but it is important to see, that in the same timespan the excavator is able to excavate during 5 blue units, while the conventional system only is able to excavate 4 blue units. Please note that all these blocks are qualitatively shown, for a better explanation.

Kraftstoffverbrauch während des Versetzens des Baggers von einem Ladepunkt zum nächsten an, mit und ohne Einsatz der Slepner Systemlösung, je nach Darstellung. Die Breite der roten Blocks zeigt die benötigte Zeit für den Versetzvorgang auf dem eigenen Kettenfahrwerk oder mit der Slepner Systemlösung an. Es zeigt sich, dass der summierte Kraftstoffverbrauch des dargestellten Zeitintervalls höher erscheint bei Benützung der Slepner, es ist aber wichtig darauf hinzuweisen, dass in gleicher Zeitspanne mit Benützung der Slepner System Lösung ein zusätzlicher blauer Block, welcher für einen weiteren Gewinnungseinsatz steht unter gebracht werden konnte. Der spezifische Kraftstoffverbrauch pro gewonnener Tonne Mineral oder Gestein also effektiv sinkt. Alle Kraftstoff- und Zeitangaben sind qualitativ dargestellt um eine deutlichere Darstellung zu ermöglichen.

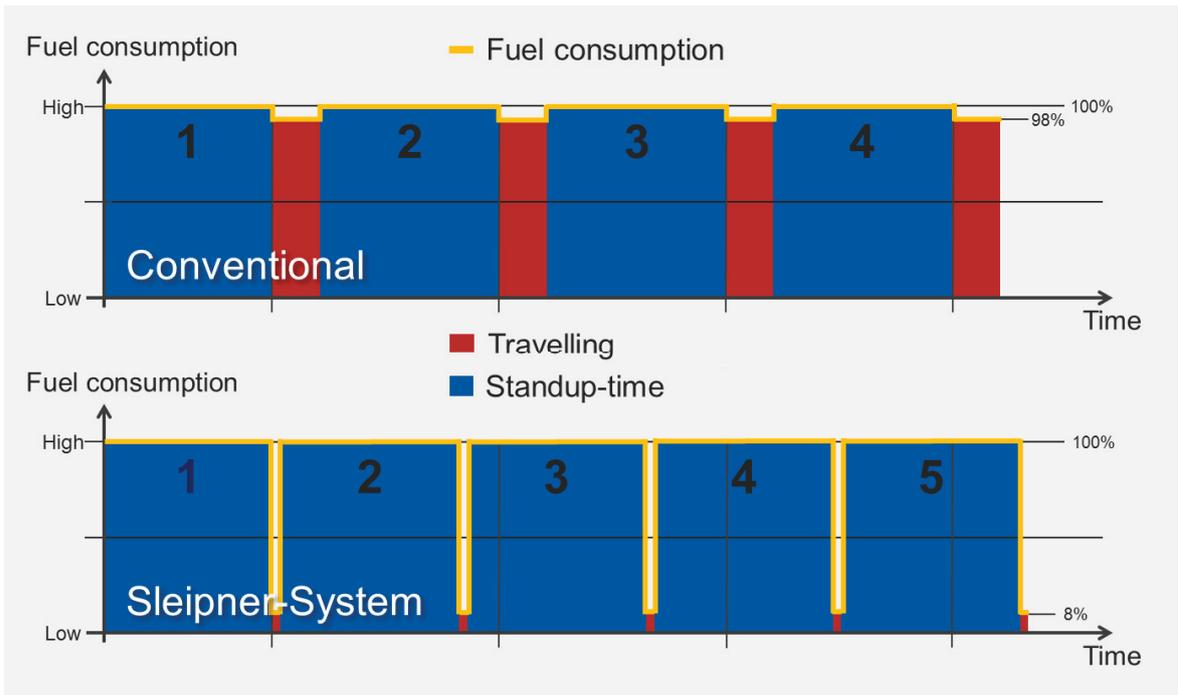


Diagram 06: Schematic representation of the fuel consumption with and without the Sleipner System.

5.5 Emissions

To account the climate impact, often only the CO₂ emissions are used, because CO₂ is currently regarded as the most important climate-relevant greenhouse gas. With the use of certain fuels such as diesel, also other emissions of greenhouse gases can be associated. These other emitted greenhouse gases “are converted at the balance sheet to their climate impact in CO₂ emissions and then given along with the CO₂ emissions as CO₂ equivalents” [30]. The calculations are based on the calculated fuel savings from chapter 5.4.

Zur Bilanzierung der Klimawirksamkeit werden oft nur die CO₂-Emissionen herangezogen, da CO₂ derzeit als das bedeutendste klimarelevante Treibhausgas angesehen wird. Mit der Nutzung bestimmter Energieträger, wie zum Beispiel Diesel, können aber auch andere Emissionen weiterer klimarelevanter Gase verbunden sein. Diese weiteren emittierten Treibhausgase „werden bei der Bilanzierung entsprechend Ihrer Klimawirksamkeit in CO₂-Emissionen umgerechnet und dann zusammen mit den CO₂-Emissionen als

	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Used fuel/km trav. [l]	81.6	11	20	20	25
CO ₂ direct/km trav. [kg]	214.6	28.9	52.6	52.6	65.8
CO ₂ eq./km trav. [kg]	34.9	4.7	8.6	8.6	10.7
CO₂ sum/km trav. [kg]	249.5	33.6	61.2	61.2	76.5
Used fuel/km trav. (S) [l]	13.6	3.5	6.2	6.2	7.5
CO ₂ direct/km trav. (S) [kg]	35.8	9.2	16.3	16.3	19.7
CO ₂ eq./km trav. (S) [kg]	5.8	1.5	2.7	2.7	3.2
CO₂ sum/km trav. (S) [kg]	41.6	10.7	19	19	22.9
Safed CO₂ while travelling (%)	83.4	68.2	69.0	69.0	700
Fuel/month total [l]	32699.1-35768.5	7897.0-7918.0	14347.0-14333.5	5638.0-5608.0	11312.8-9937.5
CO ₂ direct total [m ³]	43489-47572	10503-10530	19081-19063	7499-7459	15046-13216
CO ₂ eq. Total [m ³]	7193-7869	1737-1742	3156-3153	1240-1234	2489-2186
CO₂ sum. Total [m³]	50684-55441	12240-12272	22238-22217	8739-8692	17535-15403
Fuel/month total (S) [l]	31610.9-30872.5	7867.0-7558.0	14057.2-13671.1	5472.4-5359.6	10437.8-7312.5
CO ₂ direct total (S) [m ³]	42042-41060	10463-10052	18696-18183	7278-7128	13882-9726
CO ₂ eq. total (S) [m ³]	6954-6792	1731-1663	3093-3008	1204-1179	2296-1609
CO₂ sum. total (S) [m³]	48997-47852	12194-11715	21789-21190	8482-8307	16179-11334
saved CO₂/month (total) [m³]	1687-7589	46-557	449-1027	257-385	1356-4069
saved CO₂ (%)	3.4-13.7	0.4-4.6	2.0-4.6	2.9-4.4	7.7-26.4

Table 06: Emission calculation [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26, 29].

The presented values are calculated on a basis of direct CO₂ emissions of 2.63 kilograms and also 0.428 kilograms of indirect greenhouse gases as CO₂ equivalent emissions per used liter of diesel fuel [30, 31]. The resulting comparison of the different volume related emissions, with and without using the Sleipner System, and the calculated volume related reduction of the total emissions are done with the basic computation that one kilogram of CO₂ gas has a volume of 506.07 litres, equivalent to 0.506 cubic metres CO₂ under normal chemical conditions. One can see, that the emissions of CO₂ are directly depending on the fuel consumption by comparing the values of the percentage reduction of fuel consumption and the percentage reduction of emissions. These values are

CO₂-Äquivalente angegeben“ [30]. Die Berechnungen dazu basieren auf den errechneten Kraftstoff-einsparungen aus Kapitel 5.4.

Die hier ermittelten Werte sind mit einer Datenbasis von 2,63 Kilogramm direktem CO₂ Ausstoß pro verbrauchtem Liter Diesel und weiteren indirekten 0,428 Kilogramm CO₂ Äquivalenten anderer Treibhausgase errechnet [30, 31]. Die daraus resultierenden verglichenen volumenbezogenen Gesamt-emissionen und Gesamtreduktionen von Emissionen sind auf die Berechnung des Volumens von einem Kilogramm CO₂ bei Normalbedingungen zu 506,07 Litern, also 0,506 Kubikmetern CO₂, begründet. Zu erkennen ist, dass in gleichem Maße, wie in Kapitel 5.4 dargestellt, Kraftstoff eingespart wird, natürlich entsprechend auch Emissionen eingespart werden. Die

accordingly the same. The absolute values of the saved CO₂ volumes show that the higher the proportion of the travelling time of the total operation time per month and their reduction, the higher are the potential of saving CO₂ emissions by using the Sleipner System Solution.

prozentualen Angaben sind entsprechend gleich. Die absoluten Werte an eingespartem CO₂ zeigen auch hier, je höher der Anteil an Versetzzeiten zur Gesamteinsatzzeit pro Monat ist und deren Reduktion, desto höher ist das Einsparpotential durch den Einsatz der Sleipner System Lösung.

5.6 Maintenance

The feedback of the topic maintenance given by the different companies is very incomplete and not very informative. All statements are shown in Table 07.

Der Datenrücklauf zum Abschnitt 'Wartung' ist sehr unvollständig und wenig aussagekräftig. Alle erhaltenen Daten sind in Table 07 übersichtlich zusammengefasst.

	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Maintenance at Sleipners	Lubricate, adjust the brakes	Lubricate, adjust the brakes	Lubricate, adjust brakes, little cracks welding	Lubricate	Lubricate, adjust brakes
Reduction maintenance chain undercarriage	Specified by manufacturers	Yes	No	Yes	Yes
Percentage of reduction c. underc.	No information	No information		No information	No information
Maintenance interval driving chains	Every 500 h	3000 h	After inspection plan	No information	No information
Extension of interval	No information	50%	No	Yes	No information

Table 07: Maintenance feedback [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].

Only a few observations can be done in the topic maintenance. Lubrication and adjusting the automatic-safety-brake is standard maintenance that is necessary at the Sleipners. Only the Hoffmann Minerals Company was able to record an extension of the maintenance and changing interval of the driving chains of

Im Bereich Wartung sind daher nur wenige Aussagen möglich. Zu erkennen ist, dass Abschmieren und das Nachstellen der Sicherheits-bremse zu den Standardwartungsarbeiten an den Sleipnern gehören, welche allerdings nur sehr selten nötig sind. Einzig die Firma Hoffmann Minerals

the excavator from previously 3000 hours of operation to now over 4500 hours by using the Sleipner System Solution [13].

konnte eine Verlängerung des Wartungs- und Wechselintervalls der Fahrketten der Hydraulikbagger von ehemals 3000 Stunden auf über 4500 Betriebsstunden verzeichnen [13].

5.7 Costs

There was not only one of the surveyed companies able or willing to provide some information about the costs and resulting costs of an unplanned downtime of the excavator in the topic costs.

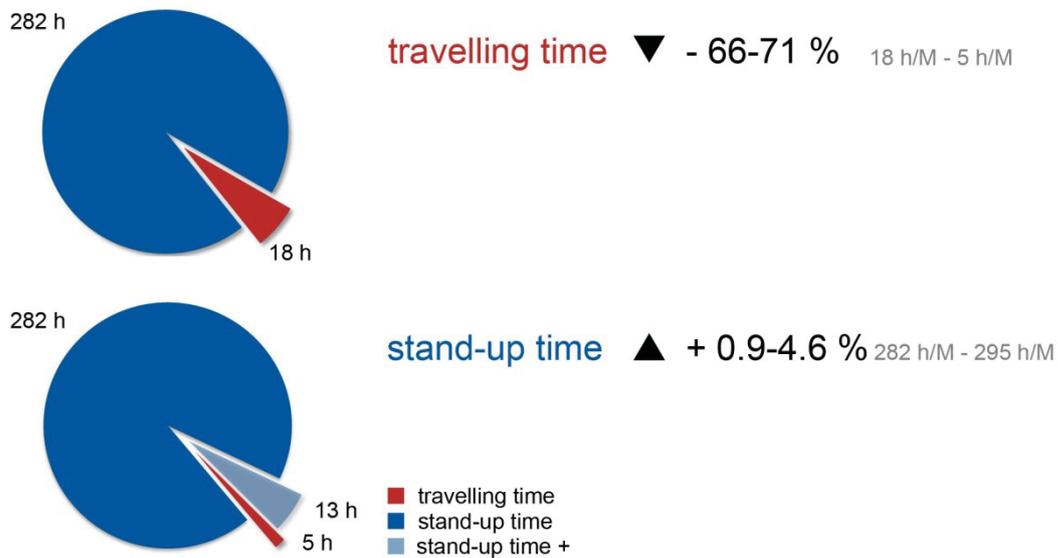
Im Bereich `Kosten` des Fragebogens wurden keine Informationen eingetragen. Es war keinem der untersuchten Betriebe möglich, über ungeplante Stillstandszeiten des Hydraulikbaggers und daran anknüpfende Folgekosten Informationen zu geben oder herauszugeben.

6. Summary of Analysis

Finally, generally spoken, each of the surveyed companies that is or was using the Sleiþner System Solution had a lower proportion of travelling time of the total operating time as well as a directly depending higher availability or standup-time of the hydraulic excavator at constant operating time. Further effects are a higher average velocity while travelling, also leading to reduced specific fuel consumption per excavated volume, and consequently lower emissions. A reduction of maintenance costs and longer maintenance intervals of the driving chains and the entire hydraulic excavator substructure can only be suspected due to a lack of data. The following Figure 39 to Figure 43 render the summarized benefits at a glance for each of the investigated companies.

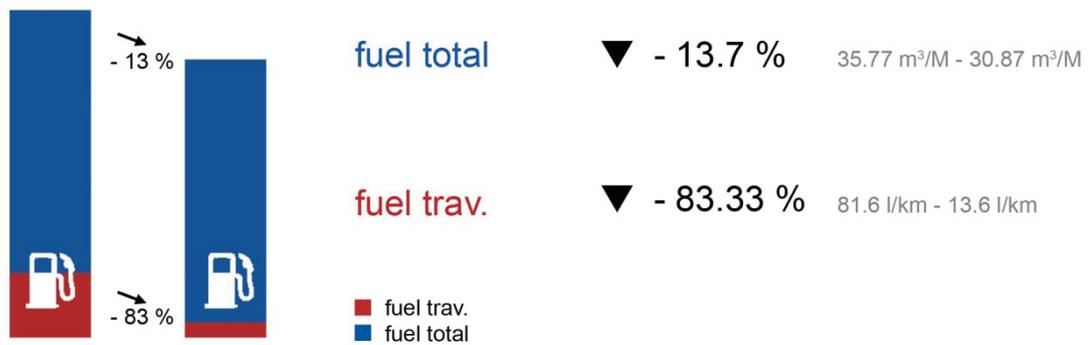
Abschließend ist allgemein zu sagen, dass jeder der 5 untersuchten Betriebe, in dem die Sleiþner System Lösung im Einsatz ist oder war, durch den Einsatz einen geringeren Versetzzeitenanteil an der Gesamteinsatzzeit hat sowie eine direkt daraus resultierende Erhöhung der Verfügbarkeit des Hydraulikbaggers bei gleicher Gesamteinsatzzeit. Weitere Effekte sind eine höhere Versetzgeschwindigkeit, ein geringerer Kraftstoffverbrauch sowohl während des Versetzvorgangs selbst, als auch gesamt betrachtet auf die gleiche Produktionsmenge und daraus folgend einen geringeren Schadstoffausstoß. Eine Reduktion der Wartungskosten und Verlängerung der Wartungsintervalle der Fahrketten und des gesamten Hydraulikbaggerunterbaus kann aufgrund mangelnder Datenbasis nur vermutet werden. Die zusammengefassten Vorteile auf einen Blick für jeden der untersuchten Betriebe ermöglichen die folgenden Schaubilder Figure 39 bis Figure 43.

VA Erzberg



speed ▲ + 200-360 % 4.0 - 14.4 km/h

without sleipner
with sleipner

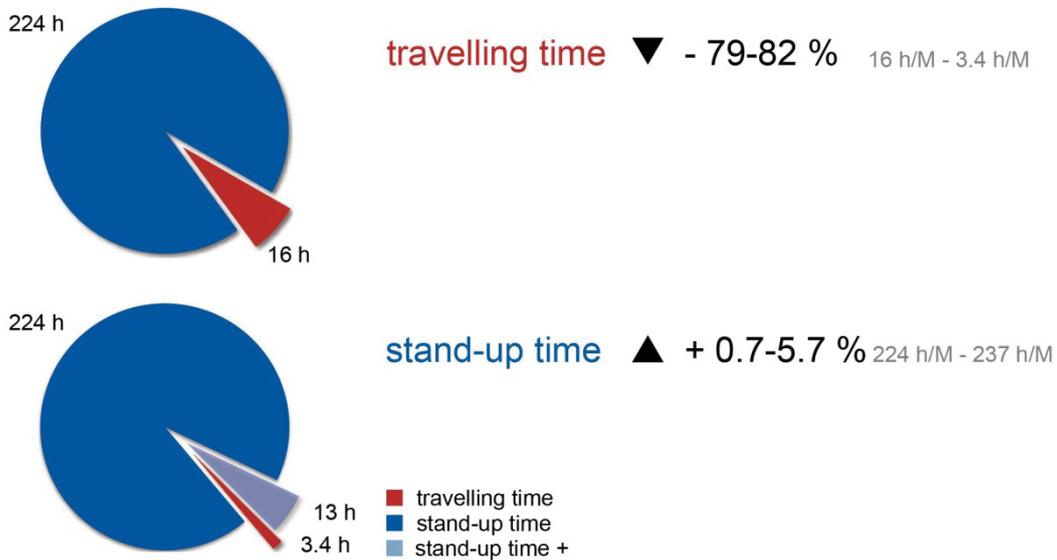


CO₂ total ▼ - 13.7 % 55441 m³/M - 47852 m³/M

CO₂ trav. ▼ - 83.33 % 250 kg/km - 41.6 kg/km

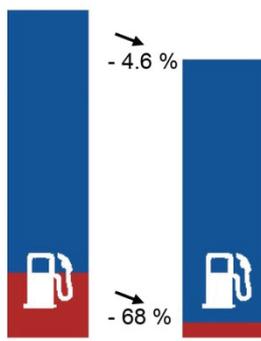
Figure 39: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of VA Erzberg.

Hoffmann Minerals



speed ▲ + 380-500 % 3.0 - 14.4 km/h

without sleipner
with sleipner



fuel total ▼ - 4.6 % 7.918 m³/M - 7.558 m³/M

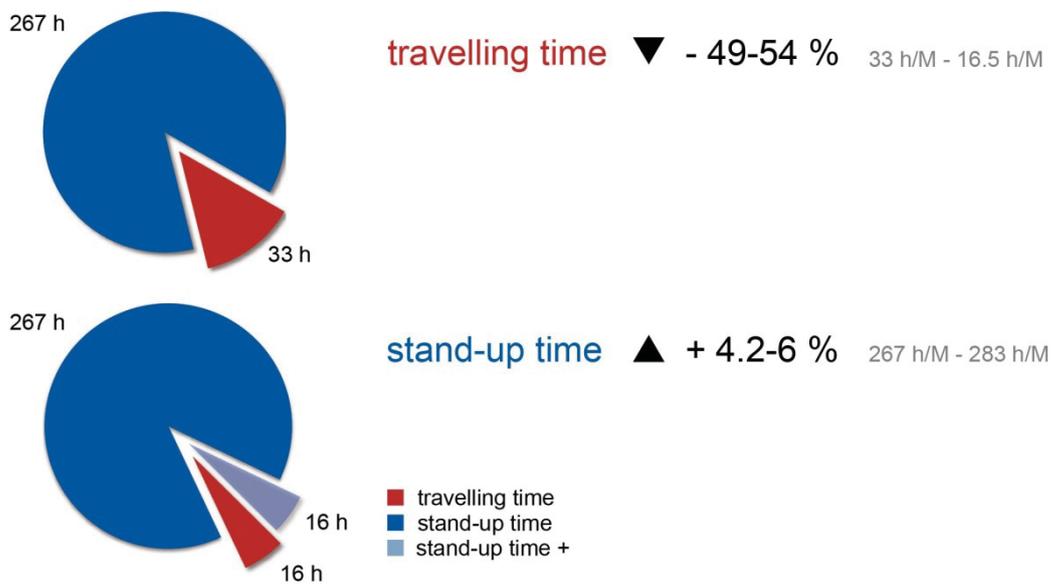
fuel trav. ▼ - 68 % 11 l/km - 3.5 l/km

CO₂ total ▼ - 4.6 % 12272 m³/M - 11715 m³/M

CO₂ trav. ▼ - 68 % 33.6 kg/km - 10.7 kg/km

Figure 40: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Hoffmann Minerals.

Schäfer Kalk



speed ▲ + 100-125 % 1.0 - 2.25 km/h

without sleipner
with sleipner

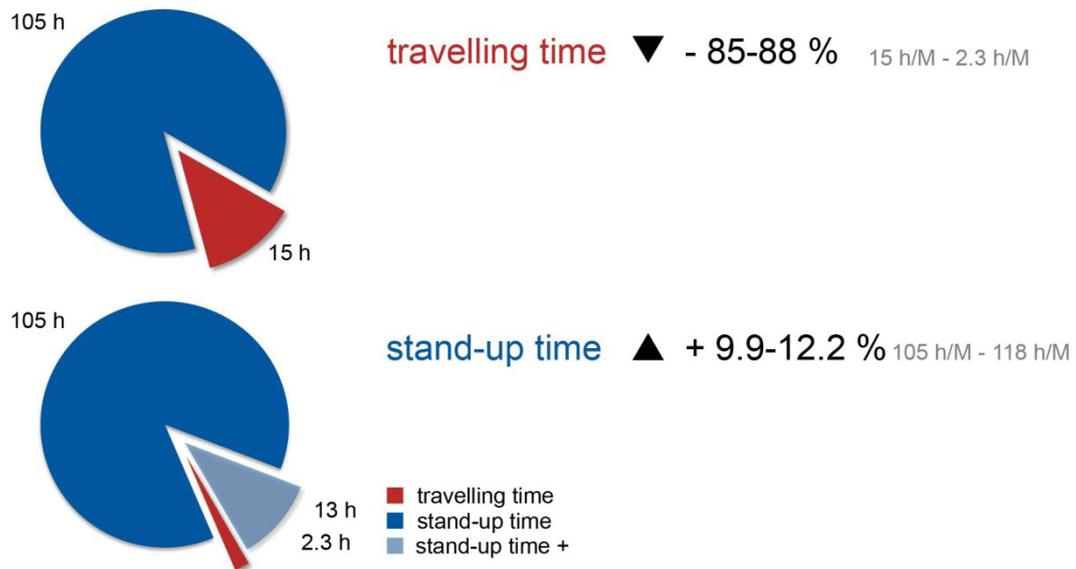


CO₂ total ▼ - 4.6 % 22217 m³/M - 21190 m³/M

CO₂ trav. ▼ - 69 % 61.2 kg/km - 19 kg/km

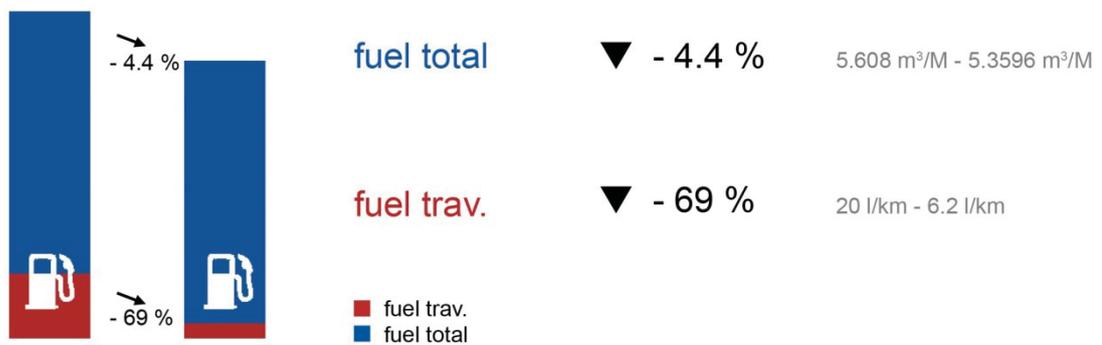
Figure 41: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Schäfer Kalk.

Rheinkalk



speed ▲ + 570-800 % 1.2 - 8.0 km/h

without sleipner
with sleipner

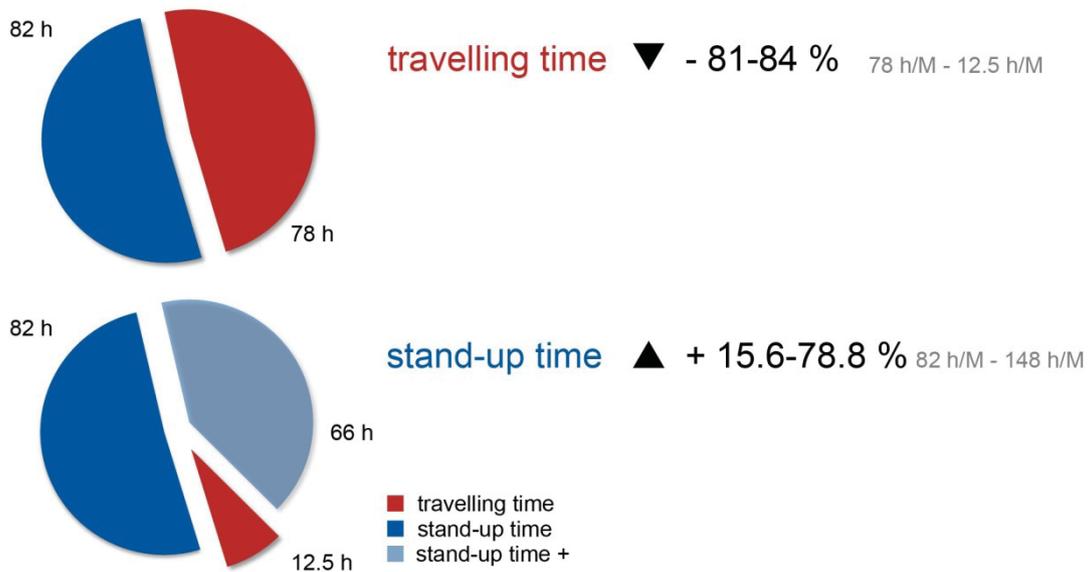


CO₂ total ▼ - 4.4 % 8692 m³/M - 8307 m³/M

CO₂ trav. ▼ - 69 % 61.2 kg/km - 19 kg/km

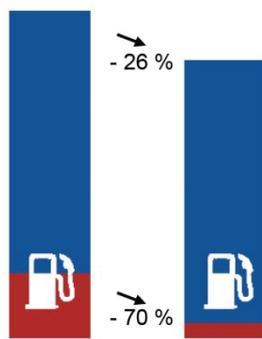
Figure 42: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Rheinkalk.

Hope Construction Materials



speed ▲ + 500 % 2.0 - 12 km/h

without sleipner
with sleipner



fuel total ▼ - 26 % 9.9375 m³/M - 7.3125 m³/M

fuel trav. ▼ - 70 % 25 l/km - 7.5 l/km

CO₂ total ▼ - 26 % 15403 m³/M - 11334 m³/M

CO₂ trav. ▼ - 70 % 76.5 kg/km - 22.9 kg/km

Figure 43: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Hope Construction Materials.

7. The Sleipner Benefit Calculator

The Sleipner Benefit Calculator is programmed and made by Sleipner Finland OY and “is a [...] tool that just with a few steps gives [...]” any company “the opportunity to calculate” a premonition of possible “benefits of using the [...] Sleipner System” in their own open pit operation. “This [...] tool will provide [...] information such as increase in production, fuel savings, reduction in CO₂ emissions and all the other benefits” that are possible by just adapting the Sleipner System Solution in the mine [32].

The accuracy of these calculated benefits by the Sleipner Benefit Calculator will be investigated in this chapter by feeding the tool with the small amount of required informations from the real operations investigated in this study and a comparison of the calculated benefits with the results of the calculations done with the real data provided in chapter 5 and 6.

To provide a better comparability of the results from the Sleipner Benefit Calculator and also because of lack of data from the investigated companies the input fields for the production per hour and the lifetime of the undercarriage are set with one.

All the results and overviews given by the Calculator are shown as an example

Der Sleipner Benefit Calculator ist durch die Firma Sleipner Finland OY eigenständig programmiert und entwickelt worden. Dieser Calculator ist ein Instrument, welches hergestellt worden ist, um einer am System interessierten Unternehmung in ein paar einfachen Schritten die Möglichkeit zu geben, eine Vorahnung über mögliche Vorteile und Gewinne in deren Tagebau zu gewinnen. Abschätzungen über eine mögliche höhere Produktion, Kraftstoffeinsparungen, Reduktionen der Emissionen und anderen Vorteilen durch Adaptierung der Sleipner Systemlösung werden als Ergebnis gezeigt [32].

Die Genauigkeit der ausgegebenen Vorteile und Resultate des Sleipner Benefit Calculator sollen in diesem Kapitel durch einfaches Füttern des Rechners mit den wenigen geforderten Daten der untersuchten Betriebe aus Kapitel drei und einem anschließenden Vergleich mit den ausführlichen und genauen aus den Berechnungen der auf den realen Daten aus der Datenerhebung bestehenden Ergebnissen aus Kapitel fünf und sechs untersucht werden.

Um die Ergebnisse vergleichbarer zu machen und aufgrund fehlender Informationen aus den untersuchten Betrieben, werden Angaben über die

by screenshots in the following subchapter of the VA Erzberg. All detailed screenshots of the results of the Calculator for the other companies are in the annex, only the important benefit overviews are shown in this chapter.

Produktion pro Stunde der Hydraulikbagger sowie über die Lebenszeit des Kettenfahrwerkes auf eins gesetzt.

Alle Ergebnisübersichten, die der Slepner Benefit Calculator ausgibt, werden anhand des Beispiels VA Erzberg ausführlich gezeigt; in den folgenden Unterkapiteln werden nur mehr die relevanten Vergleichsinformationen aufgrund sich wiederholender Werte dargestellt. Die ausführlichen Ergebnisse und Analysen für die anderen Betriebe sind im Anhang zu finden.

7.1 Calculated Benefits and Results

7.1.1 VA Erzberg - Eisenerz (AUT)

The benefits and results for the VA Erzberg Company with the Sleipner Benefit Calculator were calculated with the following input data: The weight of the excavator with 125 tons, the number of excavator with one, the travelling percentage with 9.3, and the operational hours per week with 69.2 (see Figure 44 to Figure 46).

Die Vorteile und Resultate für die VA Erzberg, die vom Sleipner Benefit Calculator ermittelt werden, beruhen auf folgenden Eingabedaten: Das Gewicht des Hydraulikbaggers wird mit 125 Tonnen, die Anzahl der Hydraulikbagger mit einem, der Versetzzeitanteil mit 9,3 % und die Betriebsstunden pro Woche mit 69,2 Stunden angegeben (vergleiche Figure 44 bis 46).

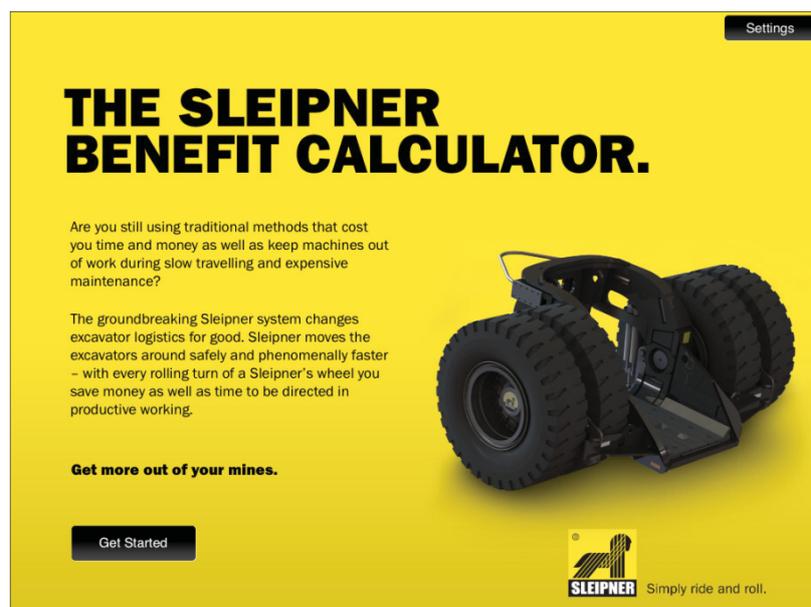


Figure 44: Start screen of the Sleipner Benefit Calculator [33].

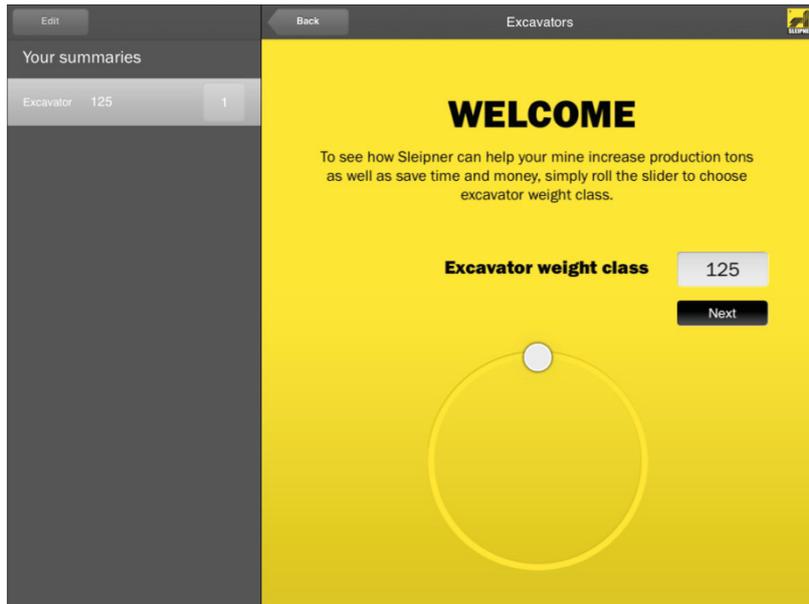


Figure 45: Input excavator data of VA Erzberg [33].

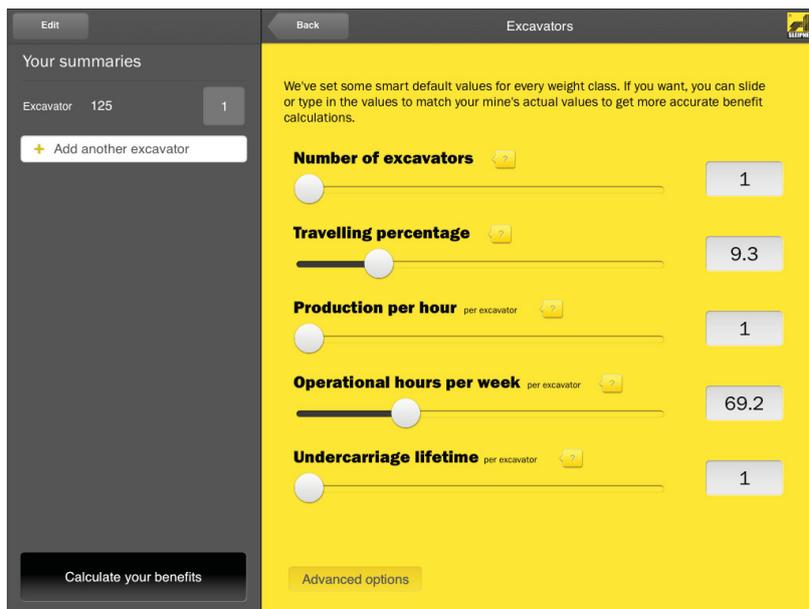


Figure 46: Input data overview of VA Erzberg [33].

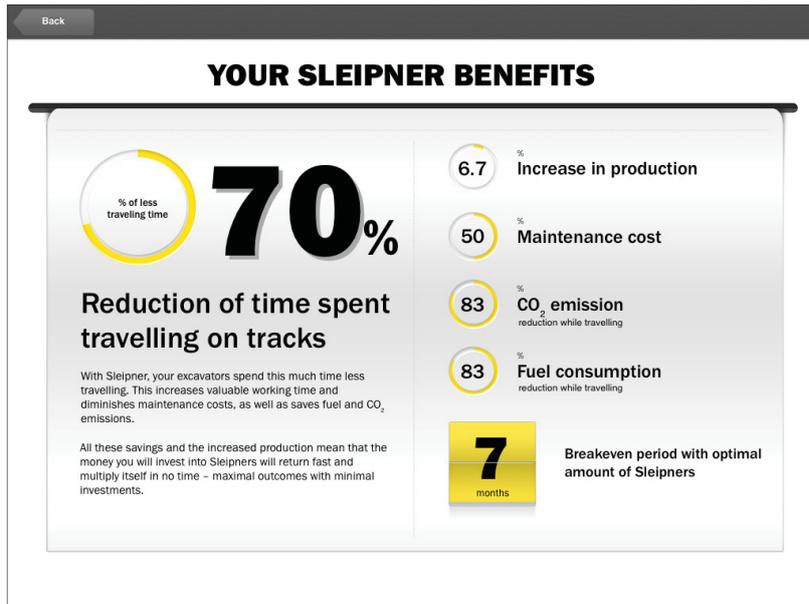


Figure 47: Output data overview 1 of VA Erzberg [33].

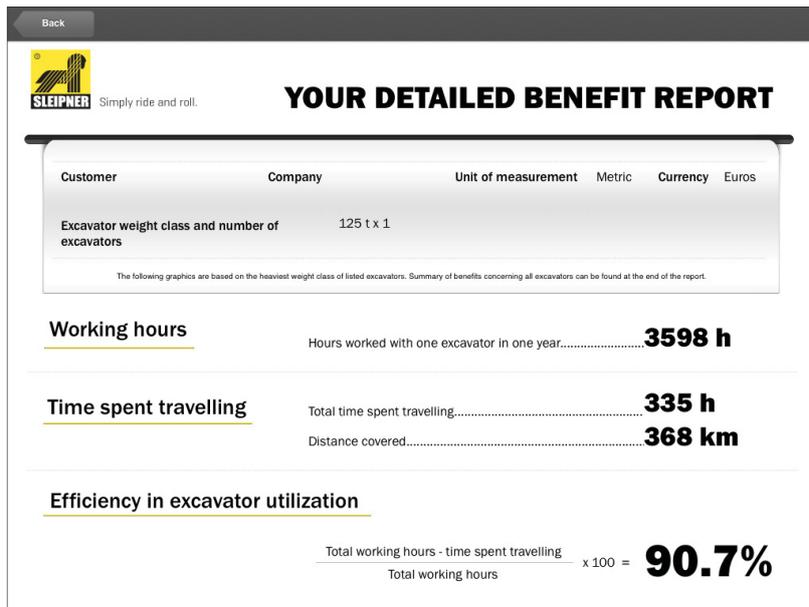


Figure 48: Output data overview 2 of VA Erzberg [33].

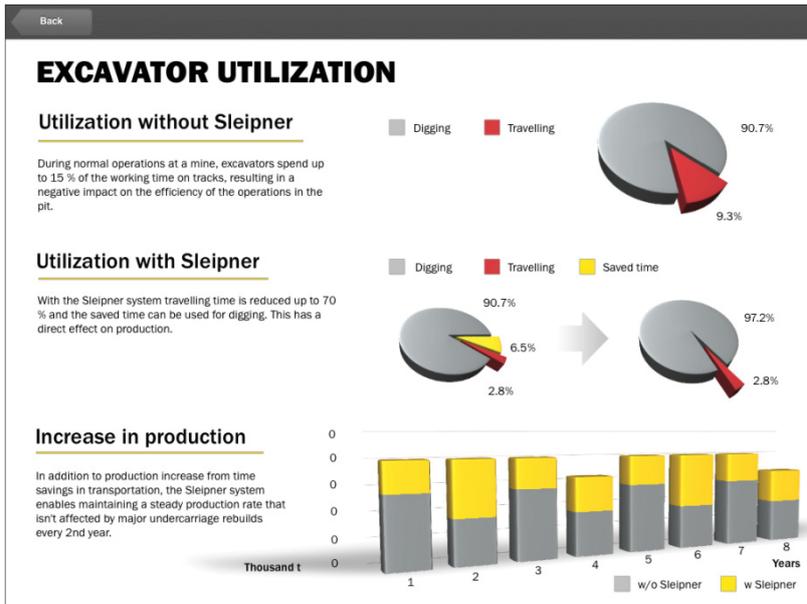


Figure 49: Output data overview 3 of VA Erzberg [33].

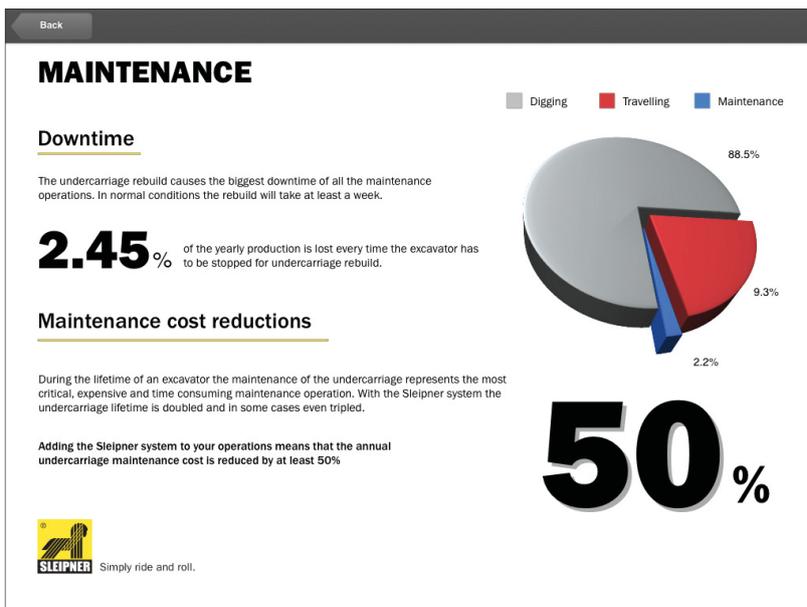


Figure 50: Output data overview 4 of VA Erzberg [33].

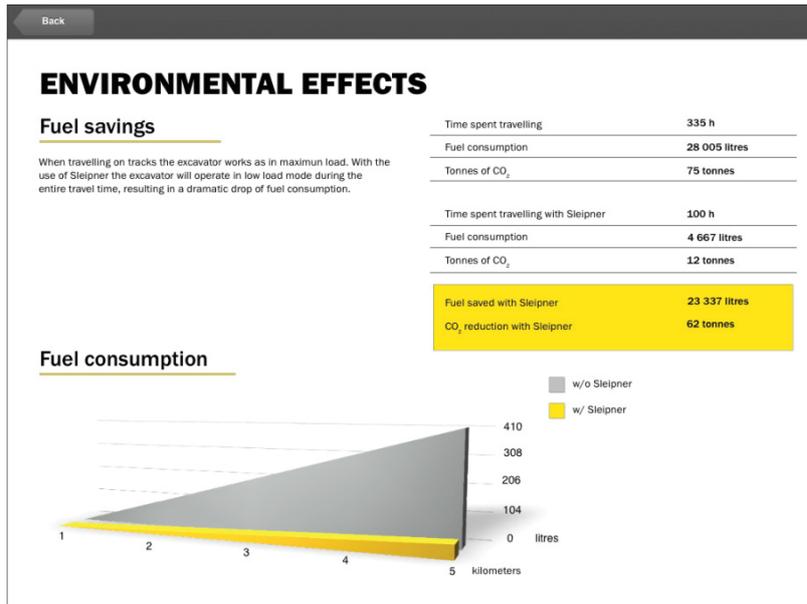


Figure 51: Output data overview 5 of VA Erzberg [33].

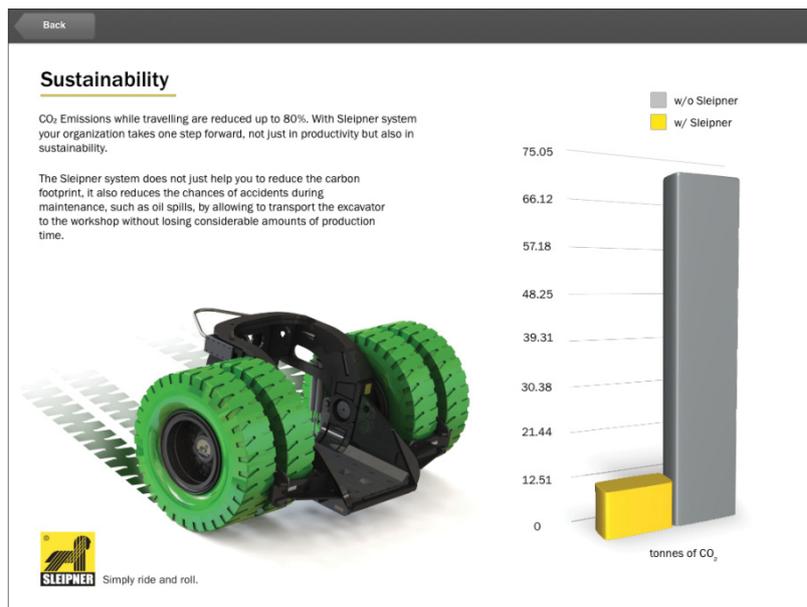


Figure 52: Output data overview 6 of VA Erzberg [33].

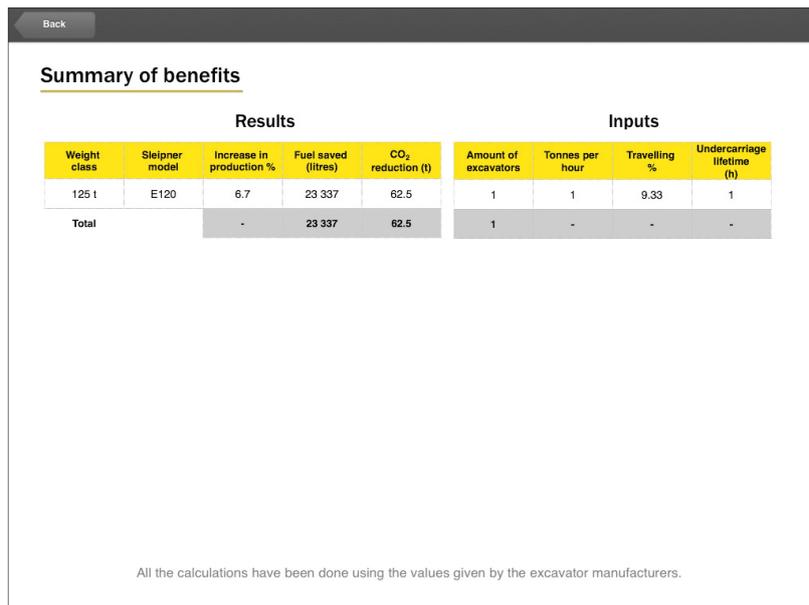


Figure 53: Summary of benefits of VA Erzberg [33].

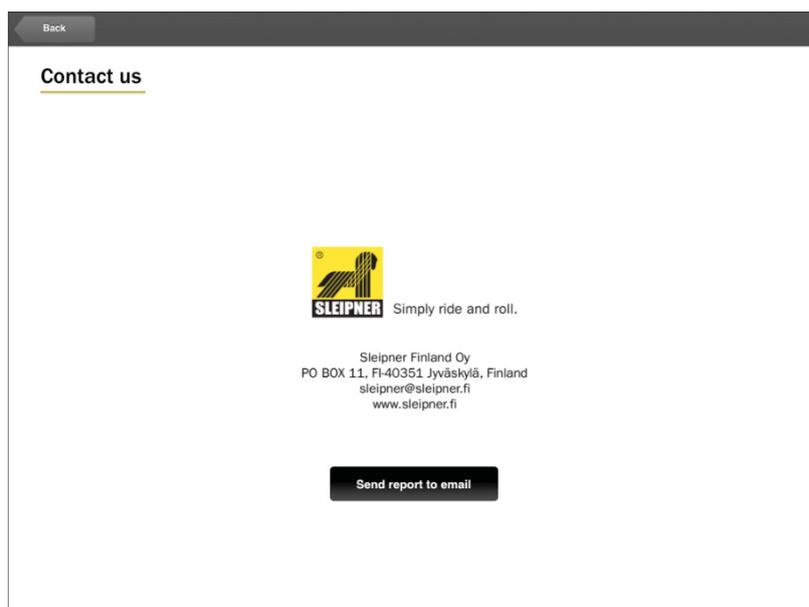


Figure 54: Contact possibility of Sleipner Benefit Calculator [33].

The results for an implementation of the Sleipner System Solution at the VA Erzberg Company of the Sleipner Benefit Calculator show a reduction of 70 % of time spent travelling on tracks, an increase of about 6.7 % in

Die Ergebnisse für die VA Erzberg des Sleipner Benefit Calculator für eine Implementierung der Sleipner Systemlösung zeigen eine Reduzierung der Versetzzeit von 70 %, eine Steigerung der Produktion von etwa

production, a reduction of maintenance costs of about 50 %, a reduction of CO₂ emissions of 83 % while travelling and a reduction of fuel consumption while travelling of about 83 % (Figure 47) [33]. Further analysis and data can be found in Figure 48 to Figure 53.

6,7 %, Einsparungen bei Wartungskosten von 50 %, eine Reduktion der CO₂ Emissionen von 83 % während des Versetzvorgangs und eine Einsparung an Kraftstoff von 83 % während des Versetzvorgangs (Figure 47) [33]. Weitere Analysen und Werte können den Figure 48 bis Figure 53 entnommen werden.

7.1.2 Hoffmann Minerals – Neuburg a.d. Donau (GER)

The benefits and results for the Hoffmann Minerals Company with the Slepner Benefit Calculator were calculated with the following input data: The weight of the excavators with 45 tons, the number of excavator with two, the travelling percentage with 6.6, and the operational hours per week with 55.4 (see Figure 55).

Die Vorteile und Resultate für den Betrieb von Hoffmann Minerals, die vom Slepner Benefit Calculator ermittelt, werden beruhen auf folgenden Eingabedaten: Das Gewicht der Hydraulikbaggers wird mit 45 Tonnen, die Anzahl der Hydraulikbagger mit zwei, der Versetzzeitanteil mit 6,6 % und die Betriebsstunden pro Woche mit 55,4 Stunden angegeben (vergleiche Figure 55).

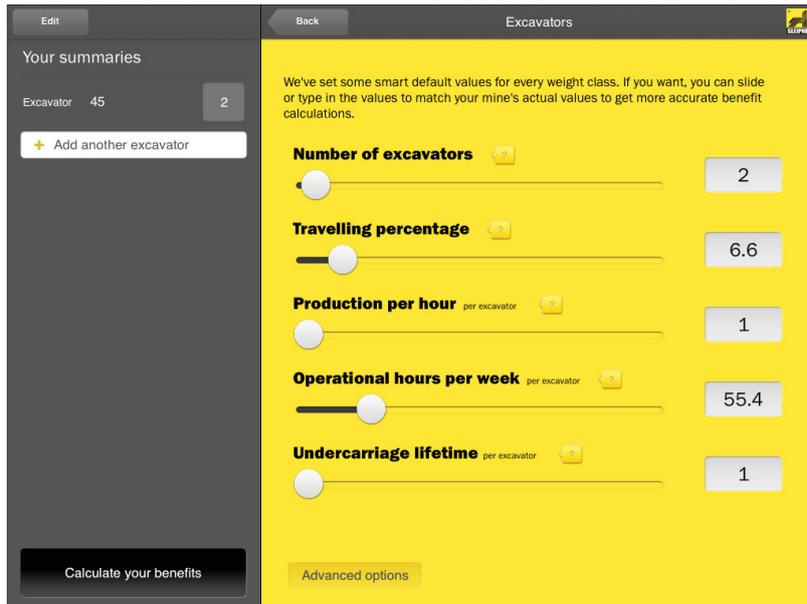


Figure 55: Input data overview of Hoffmann Minerals [33].

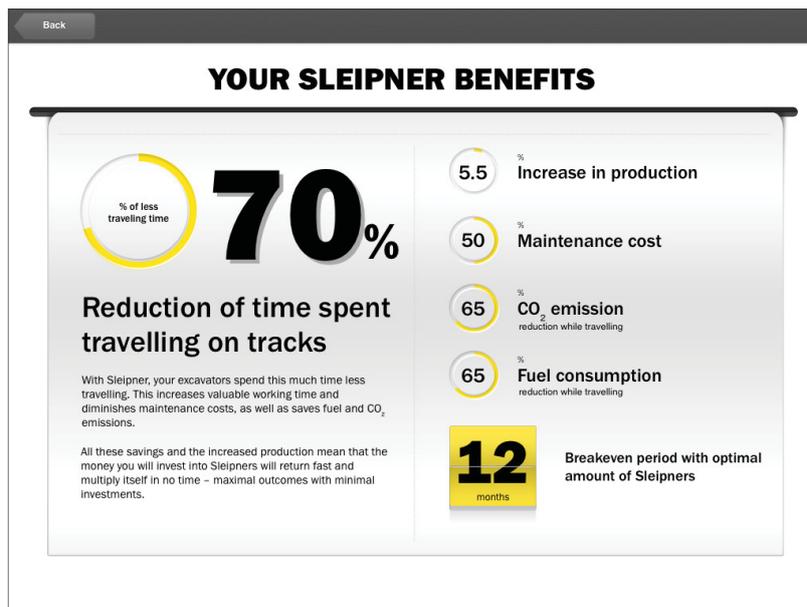


Figure 56: Output data overview 1 of Hoffmann Minerals [33].

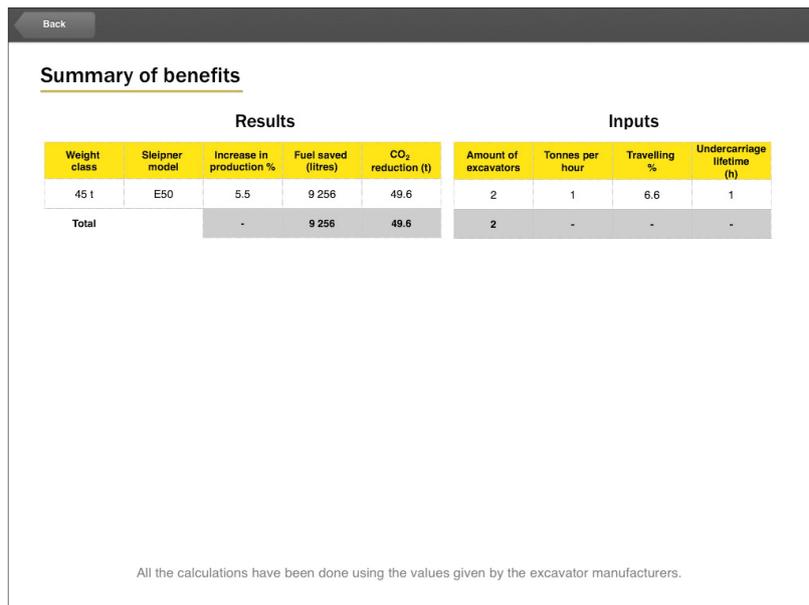


Figure 57: Summary of benefits of Hoffmann Minerals [33].

The results for an implementation of the Sleipner System Solution at Hoffman Minerals of the Sleipner Benefit Calculator show a reduction of 70 % of time spent travelling on tracks, an increase of about 5.5 % in production, a reduction of maintenance costs of about 50 %, a reduction of CO₂ emissions of 65 % while travelling and a reduction of fuel consumption while travelling of about 65 % (Figure 56) [33]. Further analysis and data can be found in the annex in Figure 81 to Figure 89.

Die Ergebnisse für Hoffmann Minerals des Sleipner Benefit Calculator für eine Implementierung der Sleipner Systemlösung zeigen eine Reduzierung der Versetzzeit von 70 %, eine Steigerung der Produktion von etwa 5,5 %, Einsparungen bei Wartungskosten von 50 %, eine Reduktion der CO₂ Emissionen von 65 % während des Versetzvorgangs und eine Einsparung an Kraftstoff von 65 % während des Versetzvorgangs (Figure 56) [33]. Weitere Analysen und Werte können den Figure 81 bis Figure 89 im Anhang entnommen werden.

7.1.3 Schäfer Kalk - Diez (GER)

The benefits and results for the Schäfer Kalk Company with the Slepner Benefit Calculator were calculated with the following input data: The weight of one of the excavators with 87 tons and one with 70 tons, the number of excavators in each excavator weight class with one, the travelling percentage with 11, and the operational hours per week with 34.6 (see Figure 58).

Die Vorteile und Resultate für den Betrieb von Schäfer Kalk, die vom Slepner Benefit Calculator ermittelt werden, beruhen auf folgenden Eingabedaten: Das Gewicht der Hydraulikbagger wird mit 87 Tonnen und 70 Tonnen, die Anzahl der Hydraulikbagger in jeder Gewichtsklasse mit eins, der Versetzzeitanteil mit 11 % und die Betriebsstunden pro Woche mit 34,6 Stunden angegeben (vergleiche Figure 58).

The screenshot displays the 'Excavators' configuration screen. On the left, under 'Your summaries', two excavator classes are listed: 87 tons with 1 excavator and 70 tons with 1 excavator. A button '+ Add another excavator' is visible. At the bottom left is a 'Calculate your benefits' button. The main panel on the right has a yellow background and contains the following settings:

- Number of excavators:** 1
- Travelling percentage:** 11.0
- Production per hour per excavator:** 1
- Operational hours per week per excavator:** 34.6
- Undercarriage lifetime per excavator:** 1

An 'Advanced options' button is located at the bottom of the main panel. A note at the top of the main panel states: 'We've set some smart default values for every weight class. If you want, you can slide or type in the values to match your mine's actual values to get more accurate benefit calculations.'

Figure 58: Input data overview of Schäfer Kalk [33].

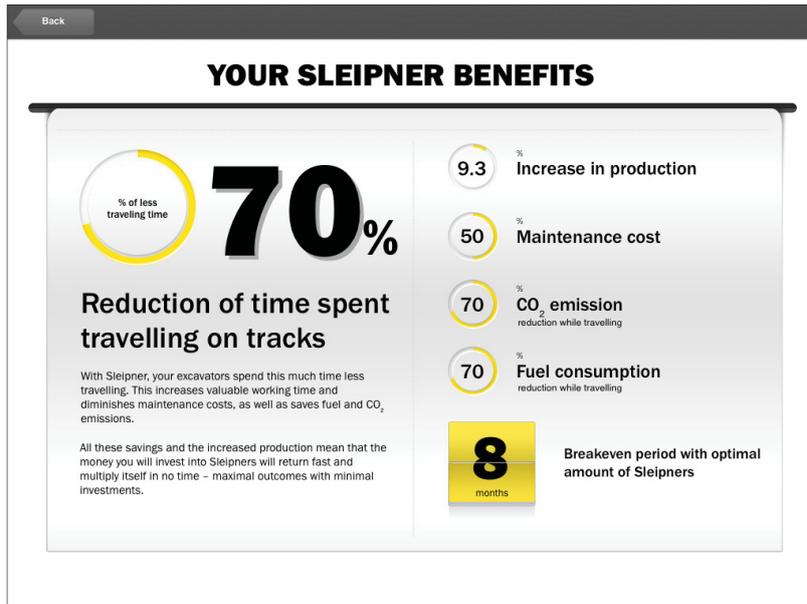


Figure 59: Output data overview 1 of Schäfer Kalk [33].

Summary of benefits

Results					Inputs			
Weight class	Sleipner model	Increase in production %	Fuel saved (litres)	CO ₂ reduction (t)	Amount of excavators	Tonnes per hour	Travelling %	Undercarriage lifetime (h)
87 t	E90	9.3	9 100	24.4	1	1	11	1
70 t	E70	9.3	7 176	19.2	1	1	11	1
Total		-	16 276	43.6	2	-	-	-

All the calculations have been done using the values given by the excavator manufacturers.

Figure 60: Summary of benefits of Schäfer Kalk [33].

The results for an implementation of the Sleipner System Solution at Schäfer Kalk of the Sleipner Benefit Calculator show a reduction of 70 % of time spent travelling on tracks, an increase of about 9.3 % in production, a reduction of maintenance costs of about 50 %, a reduction

Die Ergebnisse für Schäfer Kalk des Sleipner Benefit Calculator für eine Implementierung der Sleipner Systemlösung zeigen eine Reduzierung der Versetzzeit von 70 %, eine Steigerung der Produktion von etwa 9,3 %, Einsparungen bei

of CO₂ emissions of 70 % while travelling and a reduction of fuel consumption while travelling of about 70 % (Figure 59) [33]. Further analysis and data can be found in the annex in Figure 90 to Figure 100

Wartungskosten von 50 %, eine Reduktion der CO₂ Emissionen von 70 % während des Versetzvorgangs und eine Einsparung an Kraftstoff von 70 % während des Versetzvorgangs (Figure 59) [33]. Weitere Analysen und Werte können den Figure 90 bis Figure 100 im Anhang entnommen werden.

7.1.4 Rheinkalk - Salzhemmendorf (GER)

The benefits and results for Rheinkalk Company with the Sleipner Benefit Calculator were calculated with the following input data: The weight of the excavator with 80 tons, the number of excavator with one, the travelling percentage with 12.5, and the operational hours per week with 28.7 (see Figure 61).

Die Vorteile und Resultate für den Betrieb der Rheinkalk Gruppe, die vom Sleipner Benefit Calculator ermittelt werden, beruhen auf folgenden Eingabedaten: Das Gewicht des Hydraulikbaggers wird mit 80 Tonnen, die Anzahl der Hydraulikbagger mit eins, der Versetzzeitanteil mit 12,5 % und die Betriebsstunden pro Woche mit 28,7 Stunden angegeben (vergleiche Figure 61).

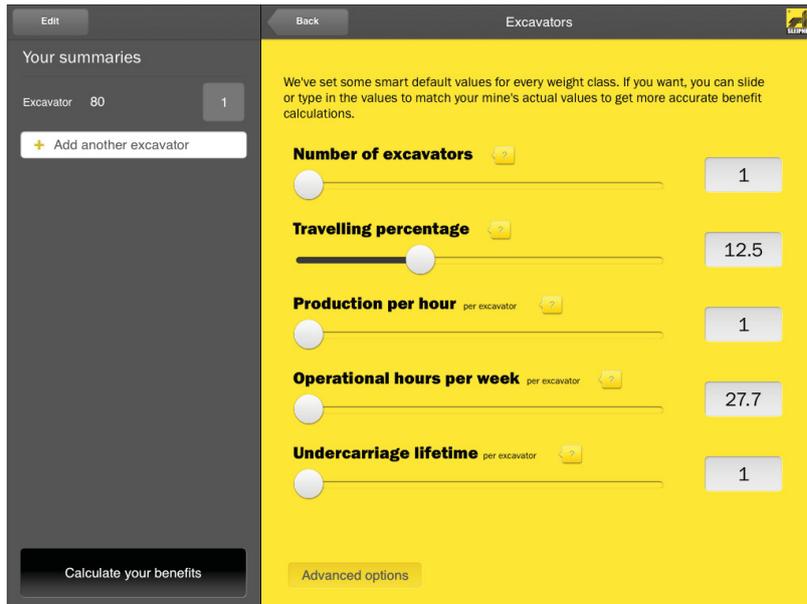


Figure 61: Input data overview of Rheinkalk [33].

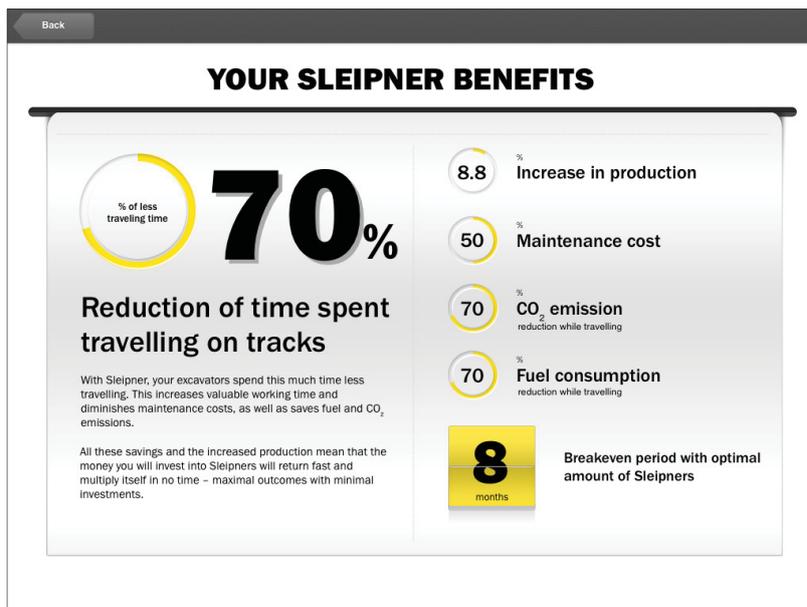


Figure 62: Output data overview 1 of Rheinkalk [33].

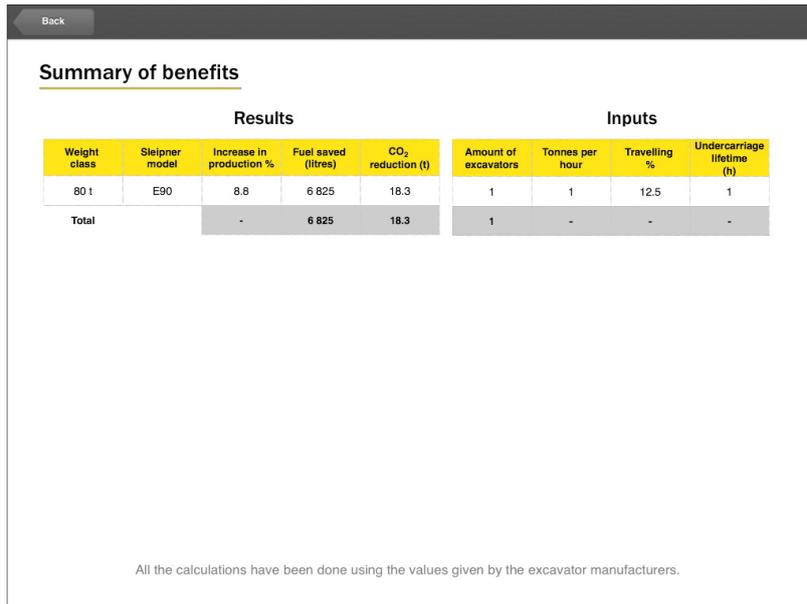


Figure 63: Summary of benefits of Rheinkalk [33].

The results for an implementation of the Sleipner System Solution at Rheinkalk of the Sleipner Benefit Calculator show a reduction of 70 % of time spent travelling on tracks, an increase of about 8.8 % in production, a reduction of maintenance costs of about 50 %, a reduction of CO₂ emissions of 70 % while travelling and a reduction of fuel consumption while travelling of about 70 % (Figure 62) [33]. Further analysis and data can be found in the annex in Figure 101 to Figure 109.

Die Ergebnisse für Rheinkalk des Sleipner Benefit Calculator für eine Implementierung der Sleipner Systemlösung zeigen eine Reduzierung der Versetzzeit von 70 %, eine Steigerung der Produktion von etwa 8,8 %, Einsparungen bei Wartungskosten von 50 %, eine Reduktion der CO₂ Emissionen von 70 % während des Versetzvorgangs und eine Einsparung an Kraftstoff von 70 % während des Versetzvorgangs (Figure 62) [33]. Weitere Analysen und Werte können den Figure 101 bis Figure 109 im Anhang entnommen werden.

7.1.5 Hope Construction Materials (GBR)

The benefits and results for Hope Construction Materials Company with the Slepner Benefit Calculator were calculated with the following input data: The weight of the excavator with 90 tons, the number of excavator with one, the travelling percentage with 48.8, and the operational hours per week with 36.9 (see Figure 64).

Die Vorteile und Resultate für den Betrieb von Hope Construction Materials, die vom Slepner Benefit Calculator ermittelt werden, beruhen auf folgenden Eingabedaten: Das Gewicht des Hydraulikbaggers wird mit 90 Tonnen, die Anzahl der Hydraulikbagger mit eins, der Versetzzeitanteil mit 48,8 % und die Betriebsstunden pro Woche mit 36,9 Stunden angegeben (vergleiche Figure 64).

The screenshot displays the 'Excavators' configuration screen of the Slepner Benefit Calculator. The interface is split into two main sections: a dark grey sidebar on the left and a yellow main content area on the right.

Left Sidebar (Your summaries):

- Excavator: 90 (with a dropdown arrow)
- Number of excavators: 1 (with a dropdown arrow)
- Buttons: '+ Add another excavator' and 'Calculate your benefits'

Right Main Area (Excavators):

We've set some smart default values for every weight class. If you want, you can slide or type in the values to match your mine's actual values to get more accurate benefit calculations.

- Number of excavators:** Slider set to 1, input field shows 1.
- Travelling percentage:** Slider set to 48.8, input field shows 48.8.
- Production per hour per excavator:** Slider set to 1, input field shows 1.
- Operational hours per week per excavator:** Slider set to 36.9, input field shows 36.9.
- Undercarriage lifetime per excavator:** Slider set to 1, input field shows 1.

At the bottom of the yellow area is a button labeled 'Advanced options'.

Figure 64: Input data overview of Hope Construction Materials [33].

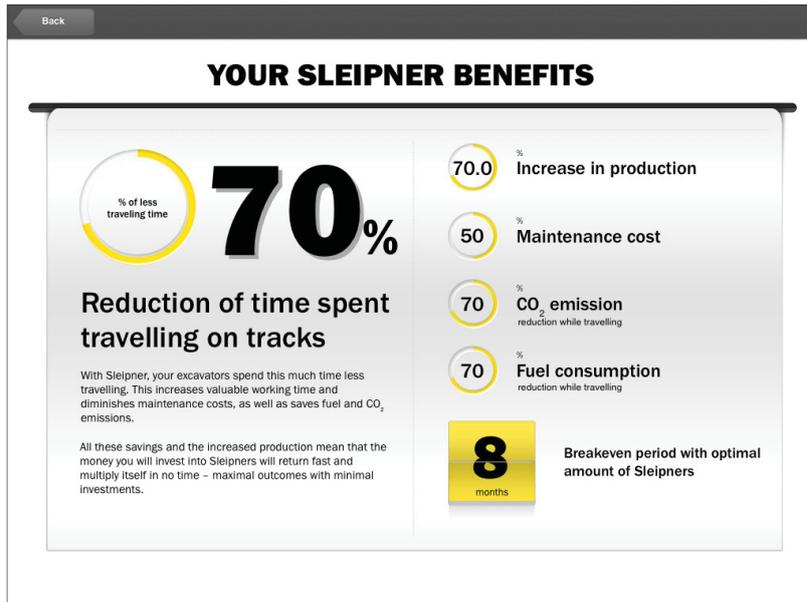


Figure 65: Output data overview 1 of Hope Construction Materials [33].

Summary of benefits

Results					Inputs			
Weight class	Sleipner model	Increase in production %	Fuel saved (litres)	CO ₂ reduction (t)	Amount of excavators	Tonnes per hour	Travelling %	Undercarriage lifetime (h)
90 t	E90	70.0	40 950	109.7	1	1	48.8	1
Total		-	40 950	109.7	1	-	-	-

All the calculations have been done using the values given by the excavator manufacturers.

Figure 66: Summary of benefits of Hope Construction Materials [33].

The results for an implementation of the Sleipner System Solution at Hope Works of the Sleipner Benefit Calculator show a reduction of 70 % of time spent travelling on tracks, an increase of about 70 % in production, a reduction of maintenance costs of about 50 %, a reduction

Die Ergebnisse für Hope Works des Sleipner Benefit Calculator für eine Implementierung der Sleipner Systemlösung zeigen eine Reduzierung der Versetzzeit von 70 %, eine Steigerung der Produktion von etwa 70 %, Einsparungen bei

of CO₂ emissions of 70 % while travelling and a reduction of fuel consumption while travelling of about 70 % (Figure 65) [33]. Further analysis and data can be found in the annex in Figure 110 to Figure 119.

Wartungskosten von 50 %, eine Reduktion der CO₂ Emissionen von 70 % während des Versetzvorgangs und eine Einsparung an Kraftstoff von 70 % während des Versetzvorgangs (Figure 65) [33]. Weitere Analysen und Werte können den Figure 110 bis Figure 119 im Anhang entnommen werden.

8. Comparison of the Real Use and Calculated Benefit Data

The comparison of the calculated and estimated results of the Sleipner Benefit Calculator and the data collected on site and their analysis is the content of this chapter.

The results for the values of the time saved while travelling with the excavator from one point of excavation to another by the usage of the Sleipner System Solution are conspicuous, because they are constantly 70 % at all investigated companies and their different excavator weight classes. Similarly to the time saved while travelling, the result of the reduction of maintenance costs is constantly set with 50 % by implementation of the Sleipner System Solution in the mine site.

These two constant values probably due to the small amount of necessary data needed to be able to calculate and therefore can be considered as the average of the experience values of

Der Vergleich der errechneten und abgeschätzten Ergebnisse des Sleipner Benefit Calculator mit den gewonnenen und vor Ort in den Betrieben gemessenen und erhaltenen Werte und deren Analyse wird hier nun dargelegt.

Auffällig sind die Werte des Calculator für die eingesparte Zeit beim Versetzvorgang der Hydraulikbagger von einem Punkt zum anderen mittels der Sleipner Systemlösung, denn diese sind konstant bei allen Betrieben und allen Baggergewichtsklassen durchgehend mit 70 % Einsparung angegeben. Ebenso sind die Werte für die Reduktion der Wartungskosten durch Einsatz der Sleipner konstant für alle Betriebe und Baggergewichtsklassen bei konstant 50 %.

Diese beiden Konstanten sind wohl dem geringen Umfang der zur Berechnung benötigten Daten geschuldet und daher als Durchschnitt der Erfahrungswerte der

Sleipner. It can be assumed that for simplification of the calculation and to reduce the necessary input data to an acceptable quantity, the excavator weight to dumper power ratio as well as all geometrical conditions including all different 'pull-in' and 'pull-out' times depending on the different excavator and Sleipner sizes are neglected.

Nevertheless, the average deviation for the values of the reduction of time spent travelling on tracks of the calculated data to the data collected in this study is 16 %; whereas the average saving of all five investigated companies with 73.6 % is approximately 5 % higher than the constant value of the Sleipner Benefit Calculator. The individual deviations are 1.4 to 5.7 % for the VA Erzberg Company, 12.9 to 17.1 % at Hoffman Minerals, 22.9 to 30 % at Schäfer Kalk, 21.4 to 25.7 % at the pit Salzhemmendorf of the Rheinkalk Group and 15.7 to 20 % at Hope Construction Materials.

At the stated increases in productivity by the Sleipner Benefit Calculator can be assumed, that the proportion of the used time for digging of the standup-time is constantly, independent from using or not using the Sleipner System Solution, and therefore the percentage of increasing at the production and the standup-time will be the same.

With that assumption, the values of the

Firma Sleipner zu werten. Die Vermutung liegt nahe, dass hier vom Sleipner Benefit Calculator zur Simplifizierung das Verhältnis von Baggergewicht zu Muldenleistung als auch alle geometrischen Verhältnisse der Wegstrecke inklusive der unterschiedlichen Ein- und Ausfahrzeiten je nach Bagger- und Sleipnergröße und sonstige Einflussgrößen vernachlässigt werden, um die Masse an Eingabegrößen in annehmbarem Umfang zu halten.

Nichtsdestoweniger beträgt die durchschnittliche Abweichung der Werte für die Höhe der Einsparung bei der Versetzzeit in den ermittelten Daten aus den gemessenen realen Zeitwerten 16 %, während die durchschnittliche Einsparung aller 5 untersuchten Betriebe mit 73,6 % um 5,1 % über dem konstanten Wert des Calculator liegt. Die Einzelabweichungen betragen 1,4 bis 5,7 % für den Betrieb VA Erzberg, 12,9 bis 17,1 % bei Hoffman Minerals, 22,9 bis 30 % bei Schäfer Kalk, 21,4 bis 25,7 % beim Betrieb Salzhemmendorf der Rheinkalk Gruppe und 15,7 bis 20 % bei Hope Construction Materials.

Bei den angegebenen Erhöhungen der Produktivität durch den Sleipner Benefit Calculator kann davon ausgegangen werden, dass hier mit einem konstanten Anteil der Nutzung der Verfügbarkeitszeiten vor der

Sleipner Benefit Calculator for the increase in production have an average deviation to the increase of standup-time of the collected and analysed data from the investigated companies of about 29.9 % with an individual deviation of 31.3 % for the value of the VA Erzberg, 9.1 % for Hoffman Minerals, 35.5 % for the Schäfer Kalk Company, 13.6 % at Rheinkalk and 11.4 up to 78.6 % at Hope Construction Materials.

The reduction of the proportion of the relocation based on the entire operating time per time unit show an average deviation of 25.1 %, comparing the values of the Sleipner Benefit Calculator and the data collected on site, with a deviation of the single values of 33.8 % at the VA Erzberg Company, 31.2 % at Schäfer Kalk, a deviation of 22.7 % at Rheinkalk Salzhemmendorf and 20.5 % at Hope Construction Materials Company.

The values for the savings of CO₂ emissions and the savings of diesel fuel through the implementation of the Sleipner System Solution support the statements from chapter 5.5, that the percentage changes of these two values correlate perfectly. An average deviation of 1.48 % of the two series of values of CO₂ emissions and fuel economy while travelling resulting from a deviation of the individual values of 4.6 % at Neuburg a.d.D. at the Hoffmann Minerals Company, 1.4 % at Schäfer Kalk

Implementierung der Sleipner Systemlösung und während der Nutzung dieser für die Produktion gerechnet wird, womit ein Anstieg der Verfügbarkeitszeit durch den Einsatz der Sleipner sich in gleichem prozentualen Umfang auf die Produktion auswirkt.

Damit haben die Werte des Sleipner Benefit Calculator eine durchschnittliche Abweichung von den in dieser Studie gesammelten Werten von 29,9 %, mit einer Abweichung von 31,3 % bei der VA Erzberg, 9,1 % bei Hoffmann Minerals, 35,5 % bei der Firma Schäfer Kalk, 13,6 % bei Rheinkalk und 11,4 bis zu 78,6 % bei Hope Construction Materials. Die Reduktion des Versetzteils bezogen auf die gesamte Einsatzdauer pro Zeiteinheit zeigt eine durchschnittliche Abweichung von 25,1 % im Vergleich der Werte des Calculator und der in dieser Studie ermittelten, mit einer Abweichung von 33,8 % bei der VA Erzberg, 17,4 % bei Hoffmann Minerals, 31,2 % bei Schäfer Kalk, 22,7 % Abweichung bei Rheinkalk und 20,5 % bei Hope Construction Materials.

Die Werte für die Einsparungen bei den CO₂ Emissionen und die Einsparungen von Kraftstoff durch die Implementierung der Sleipner Systemlösung während der Nutzung dieser stützen die Aussage aus Kapitel 5.5, dass die prozentualen Veränderungen dieser beiden Werte perfekt korrelieren. Eine

and 1.4 % deviation at the pit Salzhemmendorf of the Rheinkalk Group.

A statement about the increase in the average speed of the hydraulic excavator – Slepner – dumper combination is not given by the Slepner Benefit Calculator, therefore a comparison with the values of the data collection is not possible.

The reduction of the maintenance costs of the undercarriage by over 50 % by doubling or even tripling of the possible lifetime of the driving chains and the entire substructure of the hydraulic excavator and resulting longer service intervals as one of the main cost drivers for the total maintenance costs by using the Slepner System Solution for all procedures of relocation of the excavator cannot be compared, because of a lack of information from the mine sites.

durchschnittliche Abweichung von 1,48 % der Wertereihen des Schadstoffausstoßes und der Kraftstoffeinsparung während des Versetzvorgangs ergibt sich aus einer Abweichung der Einzelwerte von 4,6 % bei Hoffman Minerals, 1,4 % bei Schäfer Kalk und 1,4 % Abweichung bei dem Betrieb Salzhemmendorf der Rheinkalk Gruppe.

Eine Aussage über die Erhöhung der durchschnittlichen Geschwindigkeit der Hydraulikbagger – Slepner – Muldenkombination wird durch den Slepner Benefit Calculator nicht gegeben, daher kann ein Vergleich mit diesen Werten der Datenerhebung nicht getroffen werden.

Die Reduktion der Wartungskosten um über 50 % durch eine Verdoppelung und sogar mögliche Verdreifachung der Lebensdauer und damit verlängerten Wartungsintervalle der Fahrketten und des gesamten Unterbaus der Hydraulikbagger als einem der Hauptkostentreiber bei den Wartungskosten durch den Einsatz der Slepner Systemlösung kann aufgrund mangelnder Daten aus den Betrieben nicht verglichen werden.

9. Discussion

The results of this study show benefits and savings throughout the whole process in the operational chain of hydraulic excavators and dump trucks in open pit mines where hydraulic excavators are in use as mining equipment or as assistive equipment.

To classify these results into a holistic view of the economic benefits within a mineral resource operation, the values need to be set in relation to the other process modules of production.

The production costs in an open pit mine can be adopted with the average percentage values of Diagram 07, with 38 % cost share for production of value minerals, 11 % for infrastructure and service, 30 % for the handling of tailings and 21 % for others [34]. The amount of 68 % of the total costs for production and tailings handling can be subdivided into around 9 % cost share for drilling, 12 % blasting costs, 25 % for loading and at least around 53 % cost share for transportation (Diagram 08) [34, 35]. The life cycle costs of diesel fuel powered machinery are distributed to 40 % to staff costs, 12 % to energy costs, 21 % of investment costs, 20 % of maintenance costs, 4 % to cleaning costs and the remaining percentages to downtimes and recycling costs (Diagram 09) [36]. Due to the implementation of the Slepner

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen Vorteile und Einsparungen im gesamten Ablauf der Betriebskette von Hydraulikbaggern und Dumpern in Tagebauen, in denen Hydraulikbagger als Gewinnungs-geräte oder Hilfsgeräte im Einsatz sind. Um diese Ergebnisse einzuordnen in eine gesamtheitliche Betrachtung der wirtschaftlichen Vorteile innerhalb eines Gewinnungsbetriebes müssen die Werte in Relation zu den übrigen Prozessmodulen der Produktion gesetzt werden.

Die Produktionskosten in einem Tagebau können durchschnittlich mit den Prozentwerten aus Diagram 07 angenommen werden, mit 38 % Kostenanteil für die Produktion des Wertminerals, 11 % für die Infrastruktur und Instandhaltung, 30 % Abraumbehandlung und 21 % Sonstiges [34]. Wobei sich die Kostenanteile von Produktion und Abraum, die in Summe 68 % von den Gesamtkosten betragen, nochmals aufteilen lassen, in etwa 9 % Kostenanteil für das Bohren, 12 % Sprengkosten, 25 % Ladekosten und abschließend etwa 53 % Transportkostenanteil (Diagram 08) [34, 35].

Die Lebenszykluskosten von dieselbetriebenen Maschinen verteilen sich zu etwa 40 % auf Personalkosten,

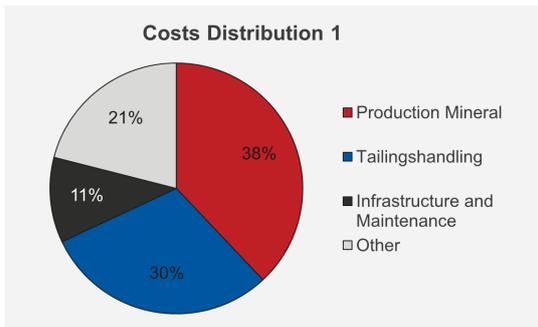


Diagram 07: Production cost distribution [34].

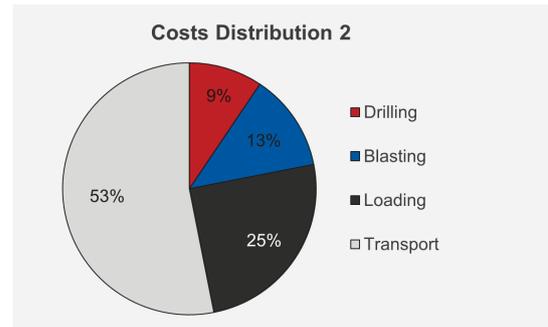


Diagram 08: Costs distribution machinery [34, 35].

System Solution at the VA Erzberg Company, averaged savings from 4.38 % of the life cycle costs can be determined (Diagram 10), which affect a saving of around 3 % (1 % at loading and 2 % at transport) at the total costs structure of the production and the tailings handling (see Diagram 12).

Referring to the production costs of an entire mining operation, savings of a total value of around two percent are the result, with one percent

12 % auf Energiekosten, 21 % auf Investitionen, 20 % auf Wartungskosten, 4 % auf Reinigungskosten und die übrigen Prozentpunkte auf Stillstandszeiten und Recyclingkosten (Diagram 09) [36]. Durch den Einsatz der Slepner Systemlösung bei Hydraulikbaggern im Gewinnungsbetrieb der VA Erzberg lassen sich gemittelte Einsparungen von insgesamt 4,38 % nur auf den Lebenszyklus des dieselgetriebenen Hydraulikbaggers

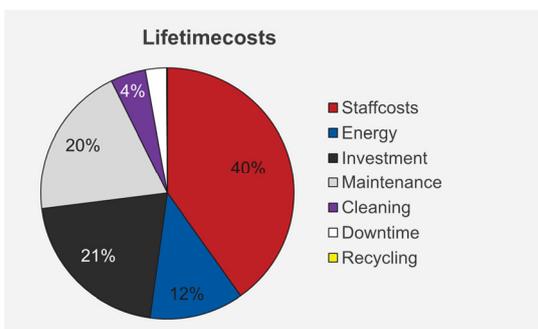


Diagram 09: Lifetime costs of diesel-powered machines [36].

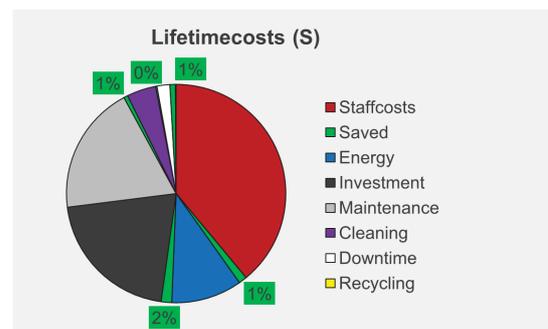


Diagram 10: Lifetime costs with savings from Slepner usage [34, 35].

saving in the cost sector of production of the value mineral and one percent saving at the sector of tailings handling (see Diagram 13).

The effect of an increase in the

ermitteln (Diagram 10), welche sich mit rund 3 % Einsparung (1 % im Bereich Loading und 2 % im Bereich Transport) auf die gesamte Kostenstruktur der Produktion und der Behandlung des

availability of the excavator by three percent while decreasing the time spent travelling on tracks to 70 % and a reduction of fuel consumption by about 80 % while travelling and 13 % related to the total operation, are reflected in a reduction of the production costs of the open pit mine of about 2 %.

The cost share of the production of the value mineral can thus be reduced to a

Abraumes auswirken (vgl. Diagram 12).

Auf die Produktionskosten eines gesamten Tagebaubetriebes gesehen ergeben sich somit Einsparungen im Gesamtausmaß von rund 2 %, mit jeweils einem Prozentpunkt in den Kostenbereichen Produktion des Minerals und Behandlung des Abraums (vgl. Diagram 13).

Die Auswirkungen einer Erhöhung

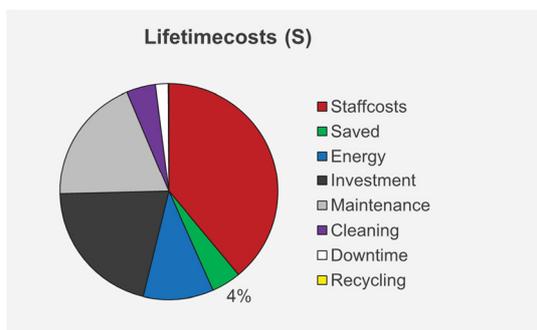


Diagram 11: Lifetime costs with summarized savings from Slepner usage [modified after 36].

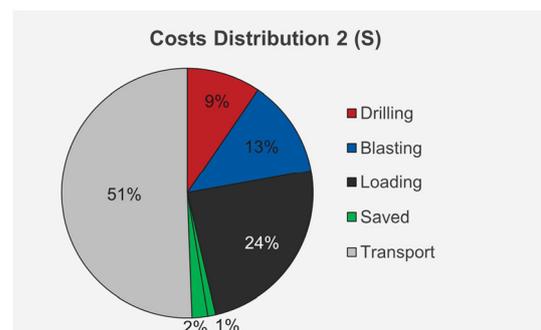


Diagram 12: Costs distribution machinery, with savings [modified after 34, 35].

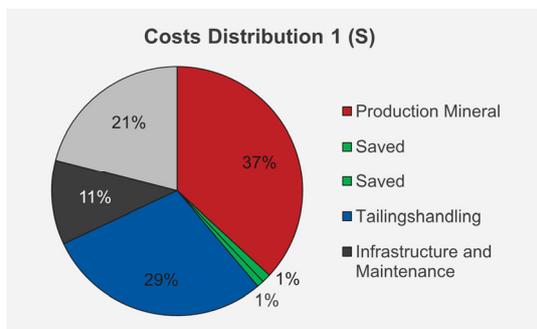


Diagram 13: Production cost distribution with savings [modified after 34].

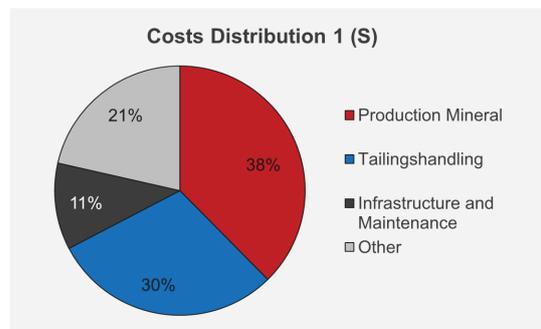


Diagram 14: Resulting production costs distribution [modified after 34, 35].

total amount of 37.6 % and the cost share of the tailings handling to 29.7 %. The cost share for infrastructure and service as well as for others accordingly amounts 11.2 and 21.4 % (Diagram 14). For the other companies that use the Slepner System Solution and have been

der Verfügbarkeitszeit um 3 % und gleichzeitiger Verringerung der Versetzzeit um gerundete 70 %, bei gleichzeitiger Reduktion des Kraftstoffverbrauchs von etwa 80 % während des Versetzvorganges und 13 % über den gesamten

investigated in this study, arising, due to higher individual benefits, such as, for an example, the increase of the availability of the hydraulic excavator in the operation Hope Works of up to 78 %, due to the of 80 % lowered time spent travelling on tracks which had again a proportion of about nearly 50 % onto the total operating time, greater advantages in the production costs structure.

Not considered in this previously mentioned economic classification and evaluation the reductions in CO₂ an CO₂ equivalent emissions which can be reduced by using the Slepner System Solution by an average of 10 to a maximum of 26 % and can surely play an even more important economic role in the future than already at the present time.

Due to the lack of data and experiences of the greater part of the investigated mine sites the possible extension of the maintenance intervals on the entire base of the chain driven hydraulic excavators and the resulting reduction of the maintenance costs and in addition the increased availability of the loading machine remains unfortunately not evaluated, as a further advantage. Only Hoffman Minerals located in Neuburg a.d. Donau had data from monitoring the driving chain wearing and was able to reach a longer service interval for the driving chains which was up to 1.5 times

Einsatzzeitraum, spiegeln sich in einer Reduktion der Produktionskosten des Tagebaus um 2 % wieder. Der Kostenanteil der Produktion des Minerals kann somit auf 37,6 % und der Kostenanteil der Abraumbehandlung auf 29,7 % gesenkt werden. Der Kostenanteil für Infrastruktur und Wartung sowie Anderes betragen damit 11,2 beziehungsweise 21,4 % (Diagram 14).

Bei den anderen betrachteten Betrieben, die die Slepner Systemlösung im Einsatz haben, ergeben sich aufgrund höherer Einzelvorteile wie zum Beispiel die Erhöhung der Verfügbarkeit des Hydraulikbaggers beim Betrieb Hope Construction Materials um bis zu 78 % aufgrund des um 80 % gesenkten und mit nahezu 50 % Zeitanteils an der Gesamteinsatzdauer hohen Versetzanteils, wesentlich größere Vorteile in der Produktionskostenstruktur. Nicht beachtet bei dieser bisher genannten wirtschaftlichen Einteilung und Einschätzung bleiben die Reduktionen der CO₂ und CO₂ äquivalenten Emissionen, die durch den Einsatz der Slepner Systemlösung um durchschnittlich 10 bis maximal 26 % gesenkt werden können und in der Zukunft eine sicher noch bedeutendere wirtschaftliche Rolle spielen könnten als bereits zum heutigen Zeitpunkt.

Ebenfalls unbewertet aufgrund mangelnder Daten und Erfahrungen des

(from 3000 to 4500 operational hours) longer than without using the Sleipner System Solution. That gives an idea about how great an additional positive effect onto the economic performance may be able to be reached, and which could be the topic for a following study on the Sleipner System Solution.

The results of the Sleipner Benefit Calculator, which was presented in chapter seven and eight and compared with the collected data, can be used for a rough premonition, done within a very short time and with only little information about the specific operation, but serve and show clearly, to what extension the potential benefits and advantages may appear, just by using the Sleipner System Solution in the interested operation. The possibility to get in contact with Sleipner at the end of each calculation with parallel sending that first estimation about the advantages to Sleipner is considered to be very useful, because it offers the opportunity to improve and specify these gained impressions with co-workers of the Sleipner Company. Only these deeper insights can build an improved basis for or against the investment in the Sleipner System Solution.

Großteils der untersuchten Betriebe bleibt die mögliche Verlängerung der Wartungsintervalle am gesamten Unterbau der kettengetriebenen Hydraulikbagger und der damit einhergehenden Reduktion der Wartungskosten und darüber hinaus zusätzlich gesteigerter Verfügbarkeit des Gewinnungsgerätes Hydraulik-baggers als weiteren Vorteil. Einzig der Betrieb Hoffman Minerals in Neuburg an der Donau konnte eine bis zu 1,5-fache Einsatzdauer allein der Fahrketten eines Hydraulikbaggers (von 3000 auf 4500 Betriebsstunden) beobachten und lässt erahnen, inwieweit hier ein weiterer positiver Effekt auf die Wirtschaftlichkeit eintreten kann, der vielleicht die Grundlage für eine weitergehende Studie sein könnte.

Die Resultate des Sleipner Benefit Calculator, welcher im Kapitel sieben und acht vorgestellt und mit den erhobenen Daten verglichen wurde, können für eine grobe Vorahnung, erstellt innerhalb kürzester Zeit und mit wenigen Informationen zum jeweiligen Betriebsablauf, dienen und anschaulich machen, in welchem Umfang mögliche Vorteile und Gewinne durch den Einsatz der Sleipner Systemlösung in einem an diesem System interessierten Betrieb möglich erscheinen. Die Funktion der Kontaktaufnahme am Ende einer jeden Kalkulation und Übersendung dieser ersten groben Ergebnisse wird als

sinnvoll betrachtet, denn sie bietet die Möglichkeit, die gewonnenen Eindrücke mit Mitarbeitern von SleiPner weiter zu präzisieren und genauere Empfehlungen und Einschätzungen zu erhalten. Erst diese tieferen Einblicke können dann die Grundlage für oder gegen das Investment in die SleiPner Systemlösung bieten.

Bibliography

- [1] http://www.sleipner.fi/files/3413/6567/9510/Sleipner_malliesite_E30_lowres.pdf; last access: 21.09.2013, 19:11
- [2] <http://www.youtube.com/watch?v=j1xnR2E-iJ0>; last access: 05.09.2013, 8:28
- [3] Lipsanen, J., Digital Correspondence, VP Sales, Sleipner Finland Oy, Jyväskylä, Finland
- [4] <http://www.youtube.com/watch?v=iofXiPXEMJ0>; last access: 05.09.2013, 7:18
- [5] <http://www.sleipner.fi/index.php/product/product-range>; last access: 16.09.2013, 12:19
- [6] <https://maps.google.at/>; last access 21.09.2013, 17:15
- [7] <http://www.vaerzberg.at/erzproduktion/geologie.html>; last access: 20.09.2013, 16:10
- [8] Reuther, E.-U.: Lehrbuch der Bergbaukunde; Vol. 1; 12th edition;; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule zu Aachen; VGE Verlag Glückauf GmbH; Essen/Germany (2010)
- [9] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Erzberg3.jpg>; last access: 04.09.2013, 19:33
- [10] <http://www.vaerzberg.at/erzproduktion.html>; last access: 08.09.2013, 16:53
- [11] Lindbichler, E., Conversation, Pit Deputy; Erzberg, VA Erzberg, Austria; 26.04.2013, 10:00
- [12] <http://www.hoffmann-mineral.de/Neuburger-Kieselerde/Neuburger-Kieselerde-einzigartiger-Rohstoff/Struktur-und-mineralogische-Zusammensetzung>; last access: 12.09.2013, 12:15
- [13] Schmidt, S., Conversation, Excavator operator, Neuburg an der Donau, Hoffmann Minerals, Germany; 26.07.2013, 8:00
- [14] <http://www.schaeferkalk.de/index.php?id=11>; last access: 17.09.2013, 11:15

- [15] Neeb, K.-W., Conversation, Schäfer Kalk, Quarry master, Hahnstätten, Schäfer Kalk, Germany; 24.07.2013, 12:30
- [16] [http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-\(asia\)/products_em.wfw/id-19212-0/measure-metric/tab-12737_1517?file=~%2FcatXmedia%2Fem%2FDocuments%2FR954C-D-NTB-2011-10_7404-0.pdf](http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-(asia)/products_em.wfw/id-19212-0/measure-metric/tab-12737_1517?file=~%2FcatXmedia%2Fem%2FDocuments%2FR954C-D-NTB-2011-10_7404-0.pdf);
last access: 04.09.2013, 16:20
- [17] <http://www.maanrakennusalamaki.fi/fi/index.php/fi/kalustoluettelo>;
last access: 04.09.2013, 18:20
- [18] http://www.zeppelin-cat.de/D/news/presse//Schwenk_Bernburg_1.JPG;
last access: 08.09.2013, 7:50
- [19] <http://de.wikipedia.org/wiki/Hahnst%C3%A4tten>;
last access: 19.09.2013, 8:30
- [20] http://www.rheinkalk.de/frames/Frame_Mission/Frame_Mission.htm;
last access: 14.09.2013, 13:00
- [21] <http://www.rheinkalk.de/html/Service/qualitaet/salzhemmendorf.htm>
last access: 14.09.2013, 12:15
- [22] Bischoff, W.; Bramann, H.; Dürrer, F.; Moebius, G.; Quadfasel, H.; Schlüter, W.: Das kleine Bergbaulexikon; 9th Edition;; Technische Fachhochschule Georg Agricola für Rohstoff, Energie und Umwelt zu Bochum; VGE Verlag Glückauf GmbH, Essen/Germany (2010)
- [23] Schiller, J., Conversation, Plant Manager, Salzhemmendorf, Rheinkalk Salzhemmendorf, Germany; 25.07.2013, 10:00
- [24] http://www.dewezet.de/cms_media/module_bi/1907/953943_1_article_detail_270_008_6423001_lkcs104_2006.jpg;
last access: 12.09.2013, 15:15
- [25] <http://www.hopeconstructionmaterials.com>; last access: 16.09.2013, 10:45
- [26] Rowland, K., Conversation, Quarry Manager, Hope Valley, Hope Works, Hope Construction Materials, Great Britain; 28.08.2013, 9:00
- [27] Aflenzer, P., Conversation, Service ore production, Eisenerz, VA Erzberg, Austria, 11.06.2013, 11:00

- [28] Wagner, U., Digital Correspondence, Head of the quarry, Hahnstätten, Schäfer Kalk, Germany; 22.07.2013, 9:45
- [29] Höylä, T., Conversation, Product Manager, Sleipner Finland Oy, Jyväskylä, Finland; 05.09.2013, 9:00
- [30] <http://www.izu.bayern.de/>, last access: 18.09.2013, 9:30
- [31] <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>, last access; 18.09.2013 10:00
- [32] <https://itunes.apple.com/de/app/sleipner/id626760895?l=fi&mt=8>, last access: 12.12.2013, 14:25
- [33] Sleipner Benefit Calculator, Version 1.1, updated: 11.04.2013, Language: English, Seller: Sleipner Finland OY © Sleipner Finland OY
- [34] Lurf, R.: Lecture notes: University Training Cours: Blasting Technology, 16.02.2012, Economic Importance of Blasting Work
- [35] Moser, P; Ouchterlony, F.: Lecture notes: Basics and Principles of mining Rock Fragmentation, Chair of Mining Engineering & Mineral Economics, University of Leoben, (26.02.2012)
- [36] Grote, K.-H.; Feldhusen, J.: Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, Vol. 23, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2011, (Berlin),
- [37] http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000007?SID=1923755440&ACTIONxSESSxSHOWPIC%28BILDxKEY:lfu_klima_00022,BILDxC LASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF%29, last access: 18.09.2013, 13:15
- [38] Technical Dictionary - Mining; German - English, English - German; 2nd Edition; VGE Verlag Glückauf GmbH (2008)

List of Figures

- Figure 01: A pair of Slepner Shoes.
Ein Paar Slepner Schuhe.
- Figure 02: Slepner System Solution in use.
Die Slepner Systemlösung in Benutzung.
- Figure 03: Base frame and stub-axels [1].
Grundrahmen mit Achsstummel [1].
- Figure 04: Automatic safety brakes.
Automatische Sicherheitsbremse.
- Figure 05: 'Pull-in' forward.
Einfahren (vorwärts) in die Slepner Schuhe.
- Figure 06: Adjustment by the steel cord [2].
Justieren des Slepners mittels montierten Stahlseils [2].
- Figure 07: Dumper driving backwards under the boom of the excavator [4].
Der Dumper fährt rückwärts unter den Ausleger des Hydraulikbaggers [4].
- Figure 08: Resting on dumper and Slepner [4].
Der Hydraulikbagger nur mehr auf Slepner und Dumper stützend [4].
- Figure 09: Location of the investigated companies, highlighted with red circles [6].
Örtliche Lage der untersuchten Betriebe, markiert durch rote Kreise [6].
- Figure 10: Panorama of the Styrian Erzberg [9].
Panoramaansicht des Steirischen Erzberg [9].
- Figure 11: 2 Komatsu HD 985-5 at VA Erzberg.
2 Komatsu HD 985-5 bei der VA Erzberg.
- Figure 12: Komatsu PC 1250-SP.
Komatsu PC 1250-SP.

- Figure 13: Sleipner E120-700 with chains.
Sleipner E120-700 mit Schutzketten.
- Figure 14: Typical Sleipner roadways at VA Erzberg (blue = workshop, red = roadways, yellow = benches) [6].
Typische Fahrwege bei der Firma VA Erzberg, (Blau = Werkstatt, rot = Wegstrecken, gelb = Etagen) [6].
- Figure 15: Close look to siliceous earth [12].
Makroaufnahme der Neuburger Kieselerde [12].
- Figure 16: Liebherr R944C at Neuburg a.d.D..
Liebherr R944C in Neuburg an der Donau.
- Figure 17: Volvo A30 used in Neuburg a.d.D..
Volvo A30 in Benutzung in Neuburg an der Donau.
- Figure 18: Sleipner E70-800 in open pit mine.
Sleipner E70-800 im Tagbau.
- Figure 19: Typical Sleipner roadways at Hoffmann Minerals (green = processing plant, yellow = quarries, red = roadways) [6].
Typische Sleipner Fahrwege bei der Firma Hoffmann Minerals (Grün = Aufbereitungsanlage, gelb = Tagebaue, rot = Versetzstrecken) [6].
- Figure 20: Liebherr R954 (example) [16].
Liebherr R954 (Beispiel) [16].
- Figure 21: Hitachi 670 Z (example) [17].
Hitachi 670 Z (Beispiel) [17].
- Figure 22: Caterpillar 775 F (example) [18].
Caterpillar 775 F (Beispiel) [18].
- Figure 23: Sleipner E90-600 in Hahnstätten.
Sleipner E90-600 in Hahnstätten.
- Figure 24: Typical Sleipner roadways at Schäfer Kalk (blue = workshop, red = roadways) [6].

Typische Fahrwege bei der Firma Schäfer Kalk (Blau = Werkstatt, rot = Fahrwege) [6].

Figure 25: Voska (blue) and Burela (green) [24].

Die Tagebaue Voska (blau) und Burela (grün) [24].

Figure 26: Liebherr R 974 at Salzhemmendorf.

Liebherr R 974 in Salzhemmendorf.

Figure 27: Komatsu HD 605 at Burela open pit.

Komatsu HD 605 im Tagebau Burela.

Figure 28: Sleipner E90-600 from Rheinkalk.

Sleipner E90-600 von der Firma Rheinkalk.

Figure 29: Typical Sleipner roadways at Rheinkalk Salzhemmendorf (green = processing plant, red = roadways, blue = workshop) [6].

Typische Fahrwege bei der Firma Rheinkalk in Salzhemmendorf (Grün = Aufbereitungsanlage, rot = Fahrwege, blau = Werkstatt) [6].

Figure 30: Caterpillar 390 D at the workshop.

Caterpillar 390 D bei der Werkstatt.

Figure 31: 3 Caterpillar 775 G at Hope Works.

3 Caterpillar 775 G von Hope Works.

Figure 32: Sleipner E90-750 from Hope Works.

Sleipner E90-750 von Hope Works.

Figure 33: Sleipner System Solution in use.

Sleipner Systemlösung während der Benutzung.

Figure 34: Typical Sleipner roadways at Hope Works (green = processing plant, red = roadways, blue = workshop) [6].

Typische Fahrwege bei der Firma Hope Construction Materials (Grün = Aufbereitungsanlage, rot = Fahrwege, blau = Werkstatt) [6].

Figure 35: English questionnaire page 1 of 4.

Englischer Fragebogen Seite 1 von 4.

- Figure 36: English questionnaire page 2 of 4.
Englischer Fragebogen Seite 2 von 4.
- Figure 37: English questionnaire page 3 of 4.
Englischer Fragebogen Seite 3 von 4.
- Figure 38: English questionnaire page 4 of 4.
Englischer Fragebogen Seite 4 von 4.
- Figure 39: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of VA Erzberg.
Auswirkungen durch den Einsatzes der Sleipner Systemlösung an einigen Leistungskennzahlen bei der Firma VA Erzberg.
- Figure 40: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Hoffmann Minerals.
Auswirkungen durch den Einsatzes der Sleipner Systemlösung an einigen Leistungskennzahlen bei der Firma Hoffmann Minerals.
- Figure 41: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Schäfer Kalk.
Auswirkungen durch den Einsatzes der Sleipner Systemlösung an einigen Leistungskennzahlen bei der Firma Schäfer Kalk.
- Figure 42: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Rheinkalk.
Auswirkungen durch den Einsatzes der Sleipner Systemlösung an einigen Leistungskennzahlen bei der Firma Rheinkalk.
- Figure 43: Influence of using the Sleipner System on some key performance indicators of Hope Construction Materials.
Auswirkungen durch den Einsatzes der Sleipner Systemlösung an einigen Leistungskennzahlen bei der Firma Hope Construction Materials.
- Figure 44: Start screen of the Sleipner Benefit Calculator [33].
Startbildschirm des Sleipner Benefit Calculator [33].
- Figure 45: Input excavator data of VA Erzberg [33].
Eingabe der Hydraulikbagger-Klasse der Firma VA Erzberg [33].

- Figure 46: Input data overview of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Dateneingabe der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 47: Output data overview 1 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 48: Output data overview 2 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 2 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 49: Output data overview 3 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 3 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 50: Output data overview 4 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 4 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 51: Output data overview 5 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 5 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 52: Output data overview 6 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 6 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 53: Summary of benefits of VA Erzberg [33].
Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 54: Contact possibility of Sleipner Benefit Calculator [33].
Schlussbildschirm mit Kontaktmöglichkeit des Benefit Calculator [33].
- Figure 55: Input data overview of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Dateneingabe der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 56: Output data overview 1 of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 57: Summary of benefits of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 58: Input data overview of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Dateneingabe der Firma Schäfer Kalk [33].

- Figure 59: Output data overview 1 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 60: Summary of benefits of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 61: Input data overview of Rheinkalk [33].
Übersicht über die Dateneingabe der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 62: Output data overview 1 of Rheinkalk [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 63: Summary of benefits of Rheinkalk [33].
Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 64: Input data overview of Hope Construction Materials [33].
Übersicht über die Dateneingabe der Hope Construction Materials [33].
- Figure 65: Output data overview 1 of Hope Construction Materials [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Hope Construction Materials [33].
- Figure 66: Summary of benefits of Hope Construction Materials [33].
Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Hope Construction Materials [33].
- Figure 67: German questionnaire page 1 of 4.
Deutscher Umfragebogen Seite 1 von 4.
- Figure 68: German questionnaire page 2 of 4.
Deutscher Umfragebogen Seite 1 von 4.
- Figure 69: German questionnaire page 3 of 4.
Deutscher Umfragebogen Seite 1 von 4.
- Figure 70: German questionnaire page 4 of 4.
Deutscher Umfragebogen Seite 1 von 4.
- Figure 71: Start screen of the Slepner Benefit Calculator [33].
Startbildschirm des Slepner Benefit Calculator [33].

- Figure 72: Input excavator data of VA Erzberg [33].
Eingabe der Hydraulikbagger-Klasse der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 73: Input data overview of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Dateneingabe der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 74: Output data overview 1 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 75: Output data overview 2 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 2 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 76: Output data overview 3 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 3 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 77: Output data overview 4 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 4 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 78: Output data overview 5 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 5 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 79: Output data overview 6 of VA Erzberg [33].
Übersicht über die Datenausgabe 6 der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 80: Summary of benefits of VA Erzberg [33].
Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma VA Erzberg [33].
- Figure 81: Input excavator data Hoffmann Minerals [33].
Eingabe der Hydraulikbagger-Klasse der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 82: Input data overview of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Dateneingabe der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 83: Output data overview 1 of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 84: Output data overview 2 of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Datenausgabe 2 der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 85: Output data overview 3 of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Datenausgabe 3 der Firma Hoffmann Minerals [33].
-

- Figure 86: Output data overview 4 of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Datenausgabe 4 der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 87: Output data overview 5 of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Datenausgabe 5 der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 88: Output data overview 6 of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die Datenausgabe 6 der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 89: Summary of benefits of Hoffmann Minerals [33].
Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Hoffmann Minerals [33].
- Figure 90: Input excavator 1 data of Schäfer Kalk [33].
Eingabe der Hydraulikbagger-Klasse 1 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 91: Input data overview 1 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Dateneingabe 1 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 92: Input excavator data 2 of Schäfer Kalk [33].
Eingabe der Hydraulikbagger-Klasse 2 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 93: Input data overview 2 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Dateneingabe 2 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 94: Output data overview 1 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 95: Output data overview 2 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Datenausgabe 2 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 96: Output data overview 3 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Datenausgabe 3 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 97: Output data overview 4 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Datenausgabe 4 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 98: Output data overview 5 of Schäfer Kalk [33].
Übersicht über die Datenausgabe 5 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 99: Output data overview 6 of Schäfer Kalk [33].

- Übersicht über die Datenausgabe 6 der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 100: Summary of benefits of Schäfer Kalk [33].
- Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Schäfer Kalk [33].
- Figure 101: Input excavator data of Rheinkalk [33].
- Eingabe der Hydraulikbagger-Klasse der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 102: Input data overview of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die Dateneingabe der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 103: Output data overview 1 of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 104: Output data overview 2 of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die Datenausgabe 2 der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 105: Output data overview 3 of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die Datenausgabe 3 der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 106: Output data overview 4 of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die Datenausgabe 4 der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 107: Output data overview 5 of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die Datenausgabe 5 der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 108: Output data overview 6 of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die Datenausgabe 6 der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 109: Summary of benefits of Rheinkalk [33].
- Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Rheinkalk [33].
- Figure 110: Input excavator data of Hope Construction Materials [33].
- Eingabe der Hydraulikbagger-Klasse der Firma Hope Construction Materials [33].
- Figure 111: Input data overview of Hope Construction Materials [33].
- Übersicht über die Dateneingabe der Firma Hope Construction Materials [33].
- Figure 112: Output data overview 1 of Hope Construction Materials [33].

Übersicht über die Datenausgabe 1 der Firma Hope Construction Materials [33].

Figure 113: Output data overview 2 of Hope Construction Materials [33].

Übersicht über die Datenausgabe 2 der Firma Hope Construction Materials [33].

Figure 114: Output data overview 3 of Hope Construction Materials [33].

Übersicht über die Datenausgabe 3 der Firma Hope Construction Materials [33].

Figure 115: Output data overview 4 of Hope Construction Materials [33].

Übersicht über die Datenausgabe 4 der Firma Hope Construction Materials [33].

Figure 116: Output data overview 5 of Hope Construction Materials [33].

Übersicht über die Datenausgabe 5 der Firma Hope Construction Materials [33].

Figure 117: Output data overview 6 of Hope Construction Materials [33].

Übersicht über die Datenausgabe 6 der Firma Hope Construction Materials [33].

Figure 118: Summary of benefits of Hope Construction Materials [33].

Übersicht über die gesammelte Datenausgabe der Firma Hope Construction Materials [33].

Figure 119: Contact opportunity of the Sleipner Benefit Calculator and final screen [33].

Schlussbildschirm mit Kontaktmöglichkeit des Sleipner Benefit Calculator [33].

List of Tables

- Table 01: Collected data overview [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
Überblick der gesammelten Daten [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
- Table 02: Investigation of travelling time in of the investigated companies [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
Berechnung der Versetzzeiten [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
- Table 03: Standup-time investigation [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
Berechnung der Verfügbarkeitszeiten [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
- Table 04: Calculated speeds and changes to the conventional method [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
Versetzgeschwindigkeitskalkulation [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
- Table 05: Fuel consumption calculation [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26, 29].
Berechnung des Kraftstoffverbrauchs [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26, 29].
- Table 06: Emission calculation [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26, 29].
Berechnung der Emissionen [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26, 29].
- Table 07: Maintenance feedback [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
Überblick über die Wartungsangaben [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
- Table 08: Collected data overview German [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].
Überblick der gesammelten Daten auf Deutsch [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].

List of Diagrams

Diagram 01: Proportion of travelling-time per month with and without using the Sleipners (total).

Anteil der Versetzzeit pro Monat mit und ohne den Einsatz des Sleipner Systems (total).

Diagram 02: Proportion of travelling-time per month with and without using the Sleipners (zoom).

Anteil der Versetzzeit pro Monat mit und ohne den Einsatz des Sleipner Systems (vergrößert).

Diagram 03: Proportion of standup-time per month with and without using the Sleipners (total).

Anteil der Verfügbarkeit pro Monat mit und ohne den Einsatz der Sleipner Systemlösung (total).

Diagram 04: Proportion of standup-time per month with and without using the Sleipners (zoom).

Anteil der Verfügbarkeit pro Monat mit und ohne den Einsatz der Sleipner Systemlösung (vergrößert).

Diagram 05: Comparison of travelled speeds with and without the Sleipners (total).

Vergleich der Versetzgeschwindigkeit mit und ohne den Einsatz der Sleipner (total).

Diagram 06: Schematic representation of the fuel consumption with and without the Sleipner System.

Momentan Verbrauch qualitativ über die Zeit dargestellt mit und ohne den Einsatz der Sleipner Systemlösung.

Diagram 07: Production cost distribution [34].

Produktionskostenverteilung [34].

Diagram 08: Costs distribution machinery [34, 35].

Maschinenkostenverteilung [34, 35]

Diagram 09: Lifetime costs of diesel-powered machines [36].

Lebenszykluskostenverteilung von dieselbetriebenen Maschinen [36].

Diagram 10: Lifetime costs with savings from Sleipner usage [34, 35].

Lebenszykluskostenverteilung mit Einsparungen durch den Einsatz der Sleipner Systemlösung [34, 35].

Diagram 11: Lifetime costs with summarized savings from Sleipner usage [modified after 36].

Lebenszykluskostenverteilung mit summierten Einsparungen durch den Einsatz der Sleipner Systemlösung [in Anlehnung an 34, 35].

Diagram 12: Costs distribution machinery, with savings [modified after 34, 35].

Lebenszykluskostenverteilung von dieselbetriebenen Maschinen mit Einsparungen durch die Sleipner Systemlösung [in Anlehnung an 36].

Diagram 13: Production cost distribution with savings [modified after 34].

Produktionskostenverteilung mit Einsparungen durch die Sleipner [in Anlehnung an 34].

Diagram 14: Resulting production costs distribution [modified after 34, 35].

Resultierende Produktionskostenverteilung durch Sleipner Einsatz [in Anlehnung an 34].

Annex

Data Overview in German

Betrieb	VA Erzberg	Hoffmann Minerals	Schäfer Kalk	Rheinkalk Salzhemmendorf	Hope Construction Materials
Sleipner (Typ)	E120-700	E70-800	E50-600	E90-600	E90-750
Bagger (Type/Gewicht)	Komatsu SP1250; 125 t	3x Liebherr R944C; 45 t	Liebherr R954; 87 t Hitachi 670Z; 70 t	Liebherr R974; 80 t	Caterpillar 390D; 90 t
Muldenkipper (Typ/Leistung)	3x Komatsu 785; 1000 PS 7x Komatsu 985; 1200 PS	4x Volvo A30; 340 PS	3x Caterpillar 775F; 800 PS	Caterpillar 773; 680 PS Komatsu HD 605; 740 PS	4x Caterpillar 775D; 800 PS
Verwendung	Innerhalb eines Tagebaus	Zwischen Tagebauen	Zwischen Tagebauen	Innerhalb eines Tagebaus	Innerhalb eines Tagebaus
Nutzung/Monat	4-12 Mal	4-8 Mal	14-16 Mal	8-9 Mal	50-75 Mal
Distanz	4-6 km	1-6 km	1.5-3 km	1.5-2 km	1-2 km
Höhendifferenz	400 m	~200 m	max 150 m	~100 m	150 m
Benötigte Zeit	60-90 min	30-120 min	90-120 min	90-100 min	30-60 min
Benötigte Zeit (S)	20-25 min	5-25 min	40-60 min	10-15 min	5-10 min
Einfahren/Ausfahren	1 min	30 sec	2 min	30 sec	1-2 min
Betriebsstunden/Monat	300 h	2x 120 h	300 h	120 h	160 h
Werkstatt/Abbaubort	Werkstatt	An der Abbaufreont	Werkstatt	Werkstatt	Werkstatt
Distanz zur Werkstatt	ungefähr 4.5 km	---	Max 1.2 km	0.3-2 km	0.7-1.25 km
Höhendifferenz Werks.	400 m	---	Max 100 m	20-80 m	Max 100 m
Benötigte Zeit Werks.	60-70 min	---	50 min	15-100 min	25-40 min
Benötigte Zeit Werks. (S)	20 min	---	20 min	2-15 min	2-5 min
In Benützung	Mai 2012 - Heute	November 2007 - Heute	2006 bis 2011	Januar 2008 - Heute	Januar 2012 - Heute
Wartungsarbeiten am Sleipner	Abschmieren, Bremsen nachstellen	Abschmieren, Bremsen nachstellen	Abschmieren, Bremsen nachstellen, Risse schweißen	Abschmieren,	Lubricate, adjust brakes Bremsen nachstellen
Reduktion Wartung/Unterbau	Nach Herstellerangaben	Ja	Nein	Ja	Ja
Prozentuale Abschätzung	Keine Informationen	Keine Informationen	Keine Informationen	Keine Informationen	Keine Informationen
Wartungsintervall Fahrketten	Alle 500 Stunden	Alle 3000 Stunden	After inspection plan	Keine Informationen	Keine Informationen
Verlängerung des Intervalls	Keine Informationen	50%	Nein	Ja	Keine Informationen
Flexiblere Abbauplanung	Keine Informationen	Nein	Nein	Nein	Nein
Flexiblere Abbauführung	Geringfügig	Ja	Nein	Nein	Nein
Selektivere Gewinnung	Keine Informationen	Ja	Nein	Ja	Nein
Weitere Anmerkungen	In Benutzung für enge Etagen zur Herstellung einer Endböschung				Gleiche Flexibilität wie alte Radlader dank Sleipner, aber höhere Reißkräfte

Table 08: Collected data overview German [11, 27, 13, 15, 28, 23, 26].

Questionnaire in German

Datenerhebung: Slepner System Lösung

Betrieb:	Datum:
Ihr Name:	
Ihre Aufgabe/Position:	
Betriebsmittel:	
Welche Ladegeräte verwenden Sie mit der Slepner System Lösung? (Typ, Betriebsgewicht)	
Welche Transportgeräte verwenden Sie mit der Slepner System Lösung? (Typ, Leistung)	
Verfahren:	
Wie oft versetzen Sie durchschnittlich pro Monat die/das Ladegerät(e) mittels Slepner?	
Welche durchschnittliche Distanz wird pro Vorgang mit den Slepnern zurückgelegt?	
Welche durchschnittliche Transportzeit wird/wurde pro Vorgang benötigt? (mit und ohne Slepner)	
Welche durchschnittlichen Höhenunterschiede haben Sie pro Versatzungsvorgang?	
Welche durchschnittlichen Zeit wird zum Einfahren/Ausfahren der Slepner benötigt?	

Seite: 1 von 4

Figure 67: German questionnaire page 1 of 4

Wartung:
Warten/Reparieren Sie das/die Ladegerät(e) an der Abbaufont oder in einer Werkstatt?
Werkstatt:
Welche durchschnittliche Distanz ist zwischen Abbauort und der Werkstatt zurückzulegen?
Welche durchschnittliche Transportzeit wird/wurde pro Vorgang benötigt? (in- und o. Slepner)
Welche durchschnittlichen Höhenunterschiede haben Sie pro Vorgang zur Werkstatt?
Slepner:
Seit wann ist die Slepner System Lösung in Betrieb?
Gab/gibt es Reparaturbedarf an den Slepner bisher? (Art, Häufigkeit, Kosten)
Allgemein:
Ist eine Kürzung der Wartungskosten am Kettenfahrwerk durch den Slepner-Einsatz erkennbar?
Ist eine Abschätzung einer eventuellen Kostenreduktion möglich? (prozentual oder total)
Welche durchschnittlichen Wartungsintervalle des Kettenfahrwerkes gibt es in Ihrem Betrieb?
Ist eine Ausdehnung der Wartungsintervalle des Kettenfahrwerks durch die Slepner erkennbar?

Seite: 2 von 4

Figure 68: German questionnaire page 2 of 4

<p>Abbauplanung:</p> <p>Führt der Stiepler-Einsatz zu einer variableren/flexibleren Abbauführung in Ihrem Betrieb?</p> <p>Würde die neue Flexibilität des Ladegerätes zu einer selektiveren Gewinnung eingesetzt?</p>
<p>Kosten:</p> <p>Welche Kosten ergeben sich pro Stunde Stillstand des Ladegerätes? (in Euro/h)</p>
<p>Resultierende Kosten:</p> <p>Stillstand Transportgeräte? (Anzahl Geräte, Kosten Personal, Gesamtkosten/h)</p> <p>Bereits inkludiert in Stillstands-Kosten Ladegerät? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN</p> <p>Stillstand Bänder/Brecher? (Geräte, Kosten Personal, Gesamtkosten/h)</p> <p>Bereits inkludiert in Stillstands-Kosten Ladegerät? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN</p> <p>Stillstand Aufbereitung? (Anzahl Geräte, Kosten Personal, Gesamtkosten/h)</p> <p>Bereits inkludiert in Stillstands-Kosten Ladegerät? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN</p> <p>Weitere Kosten?</p> <p>Bereits inkludiert in Stillstands-Kosten Ladegerät? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN</p>

Seite: 3 von 4

Figure 69: German questionnaire page 3 of 4

<p>Sonstiges:</p> <p>Weitere Anmerkungen/Bemerkungen zum System?</p>
<p>Bitte an folgende Adresse zurücksenden:</p> <p>Erik Erkens, B.Sc.</p> <p>Mai: erik-erkens@stud.unileoben.ac.at</p> <p>oder</p> <p>Address: Peter-Turner-Str. 8700 Leoben, Austria</p> <p>Vielen Dank und Glückauf!</p>

Seite: 4 von 4

Figure 70: German questionnaire page 4 of 4

Sleipner Benefit Calculator

Settings

THE SLEIPNER BENEFIT CALCULATOR.

Are you still using traditional methods that cost you time and money as well as keep machines out of work during slow travelling and expensive maintenance?

The groundbreaking Sleipner system changes excavator logistics for good. Sleipner moves the excavators around safely and phenomenally faster – with every rolling turn of a Sleipner’s wheel you save money as well as time to be directed in productive working.

Get more out of your mines.

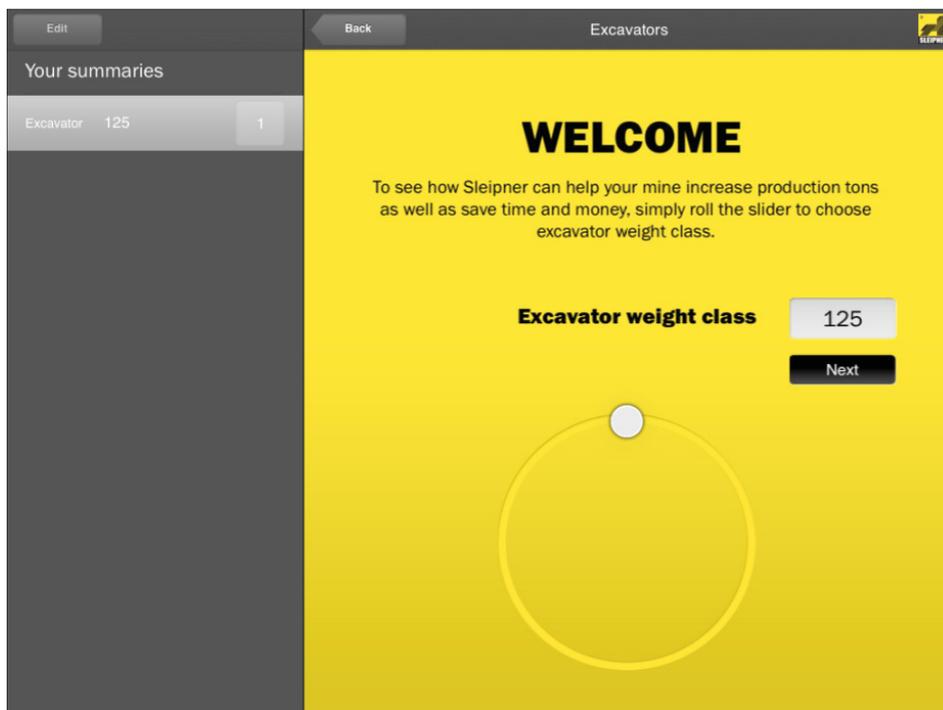
Get Started



SLEIPNER Simply ride and roll.

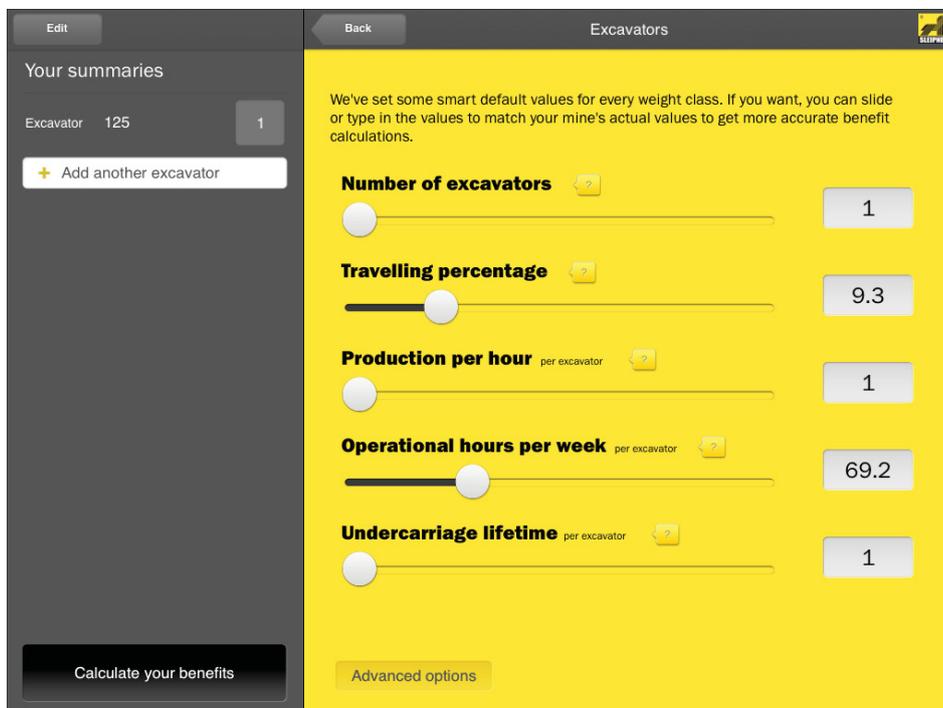
Figure 71: Start screen of the Sleipner Benefit Calculator [33].

Calculation VA Erzberg



The screenshot shows the 'Excavators' app interface. On the left, a sidebar contains 'Your summaries' with 'Excavator 125' and '1'. The main area is yellow and features a 'WELCOME' message. Below the message is a slider for 'Excavator weight class' set to 125, and a 'Next' button.

Figure 72: Input excavator data of VA Erzberg [33].



The screenshot shows the 'Excavators' app interface with an input data overview. The left sidebar includes 'Your summaries' with 'Excavator 125' and '1', and an 'Add another excavator' button. The main area is yellow and contains a text block: 'We've set some smart default values for every weight class. If you want, you can slide or type in the values to match your mine's actual values to get more accurate benefit calculations.' Below this are five sliders with corresponding input fields: 'Number of excavators' (1), 'Travelling percentage' (9.3), 'Production per hour per excavator' (1), 'Operational hours per week per excavator' (69.2), and 'Undercarriage lifetime per excavator' (1). At the bottom, there is an 'Advanced options' button and a 'Calculate your benefits' button.

Figure 73: Input data overview of VA Erzberg [33].

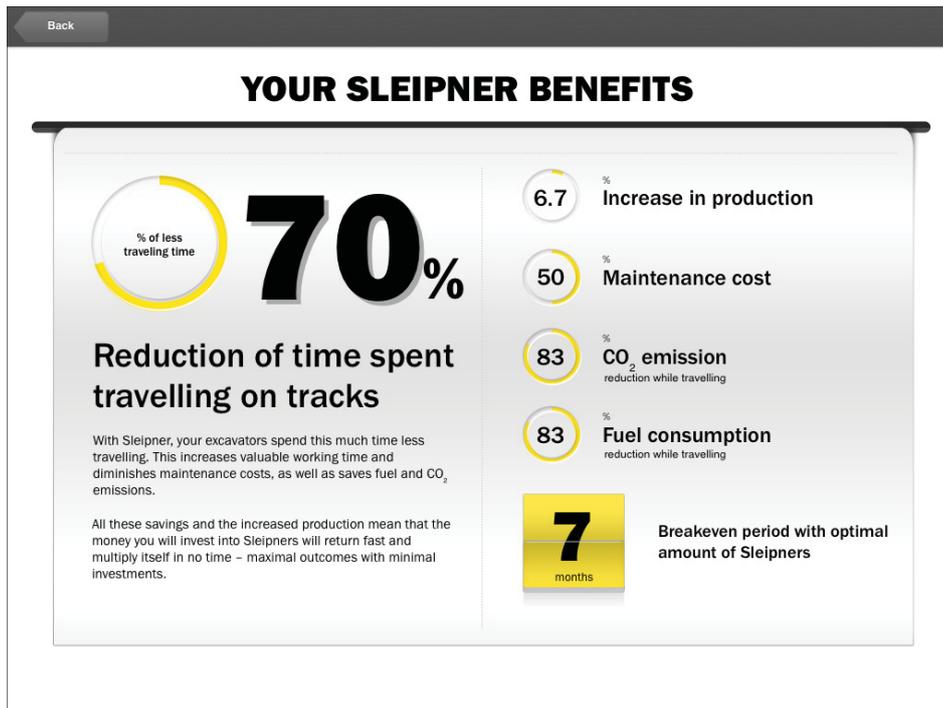


Figure 74: Output data overview 1 of VA Erzberg [33].

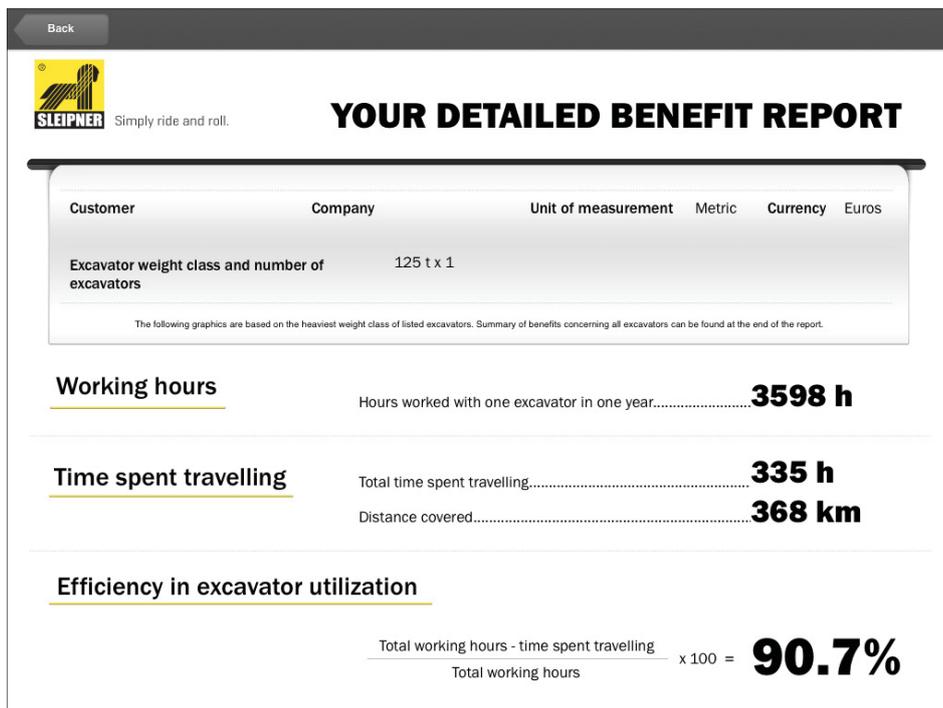


Figure 75: Output data overview 2 of VA Erzberg [33].

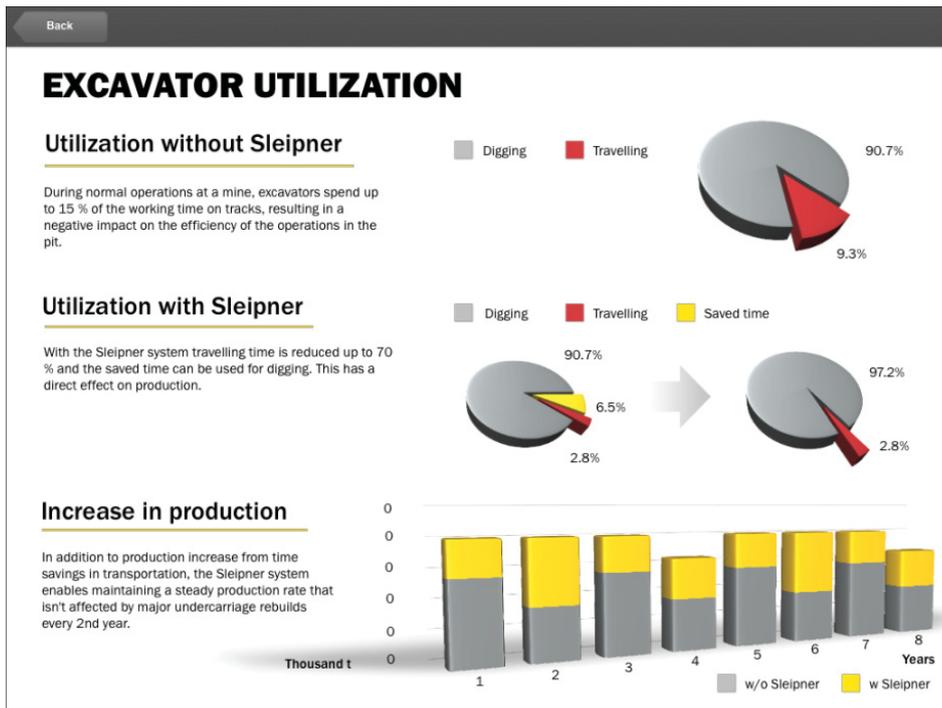


Figure 76: Output data overview 3 of VA Erzberg [33].

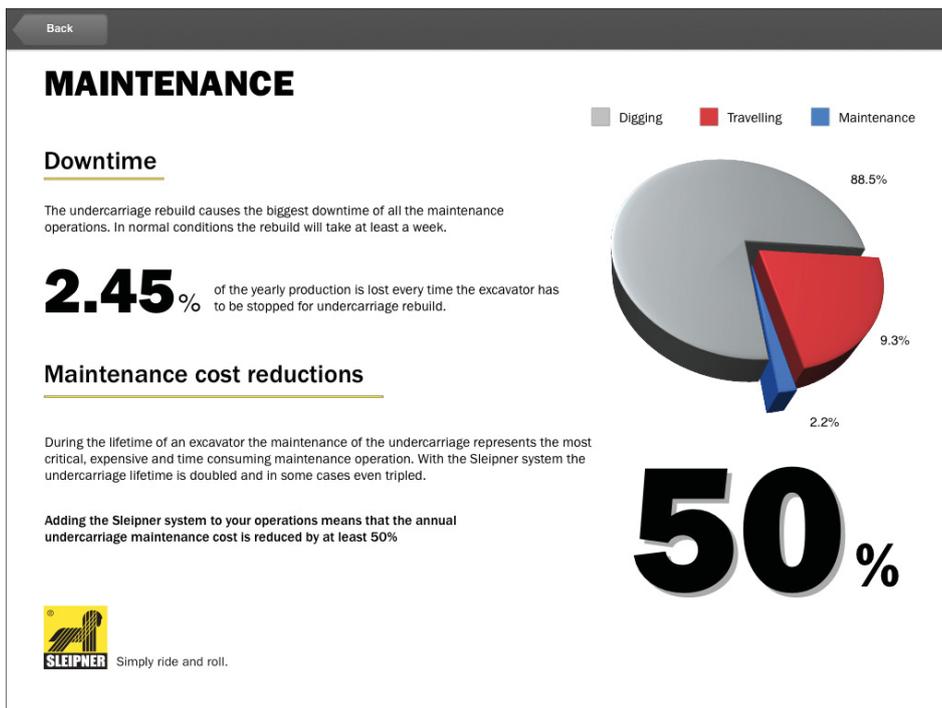


Figure 77: Output data overview 4 of VA Erzberg [33].

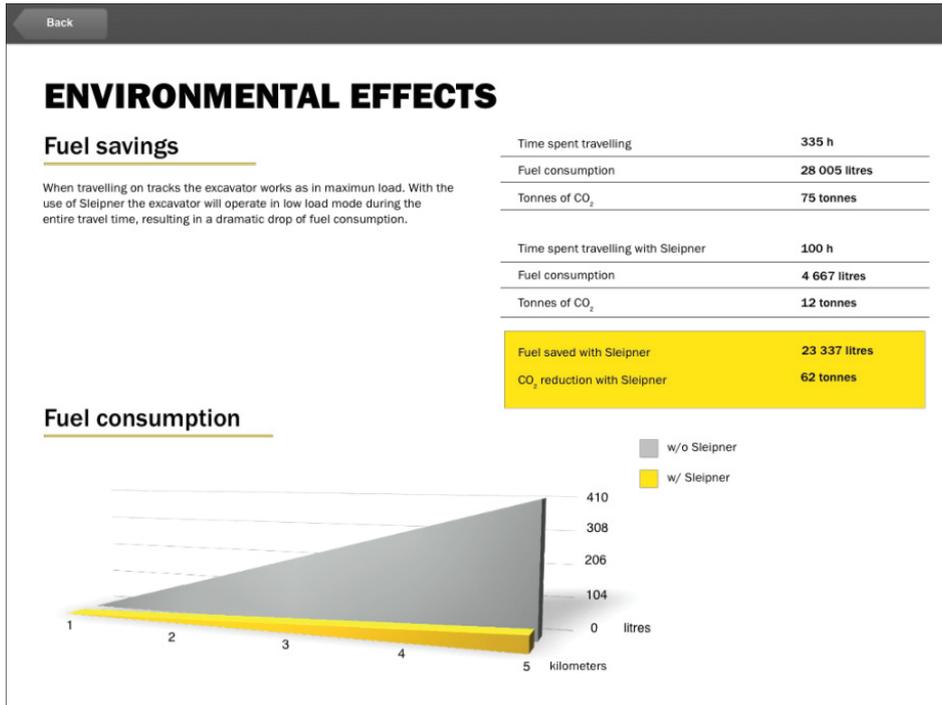


Figure 78: Output data overview 5 of VA Erzberg [33].

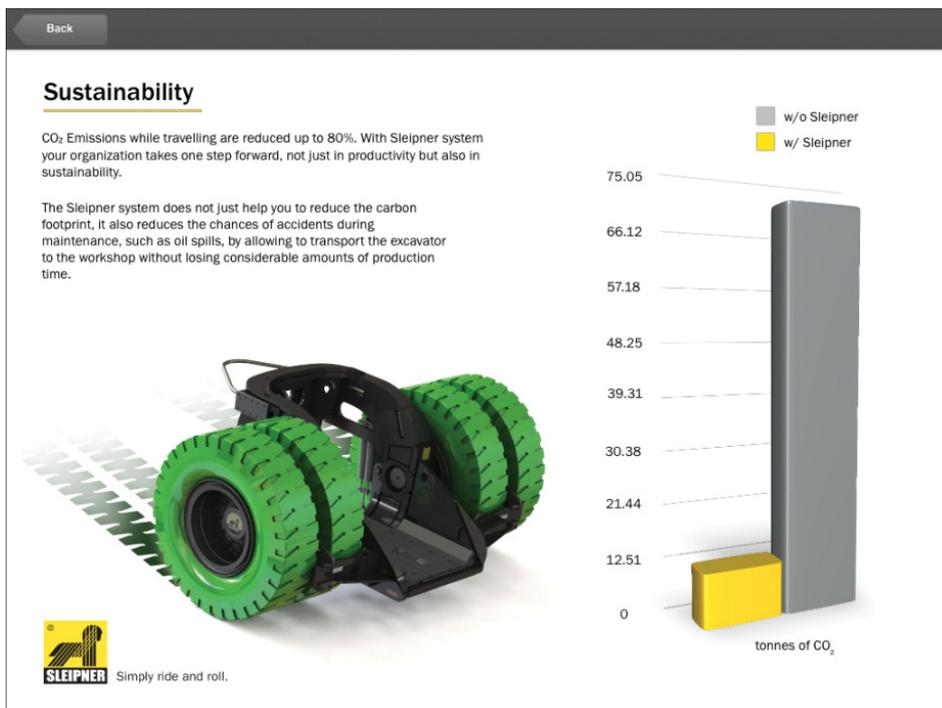


Figure 79: Output data overview 6 of VA Erzberg [33].

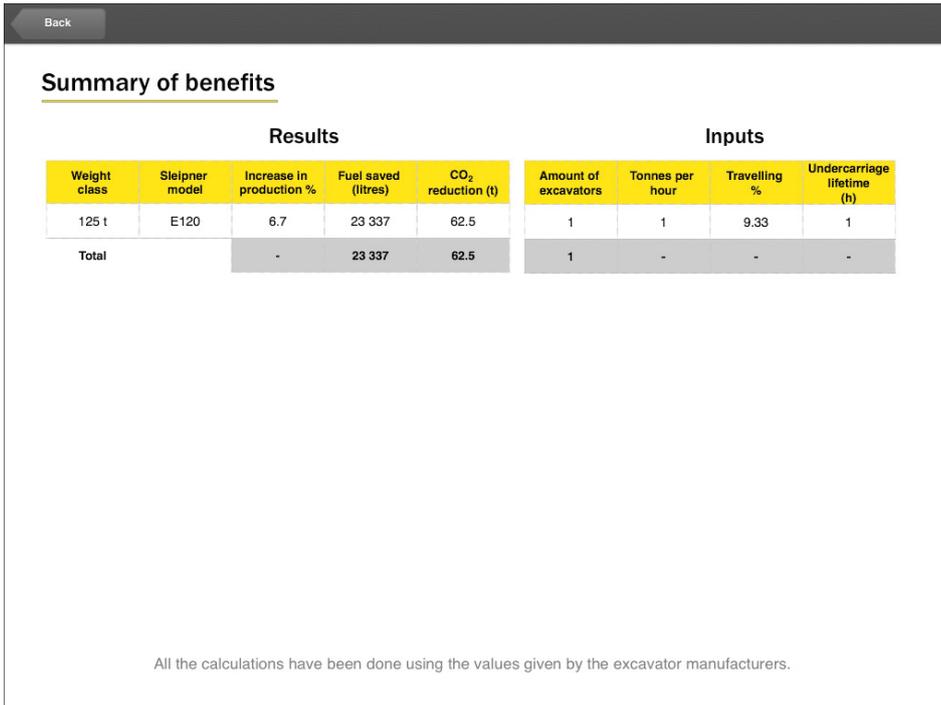


Figure 80: Summary of benefits of VA Erzberg [33].

Calculation Hoffman Minerals

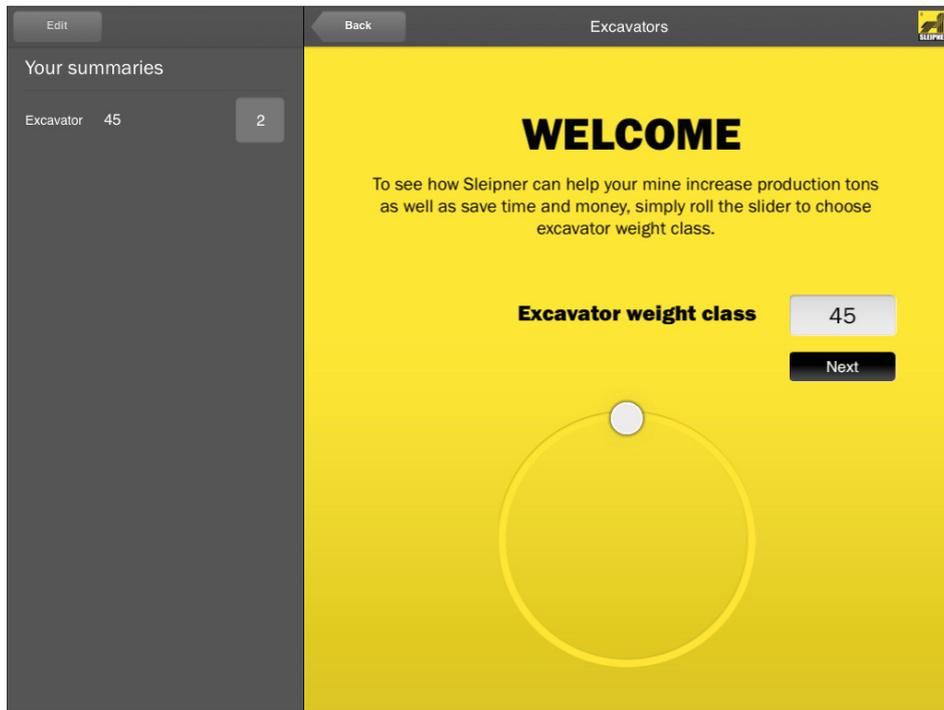


Figure 81: Input excavator data Hoffmann Minerals [33].

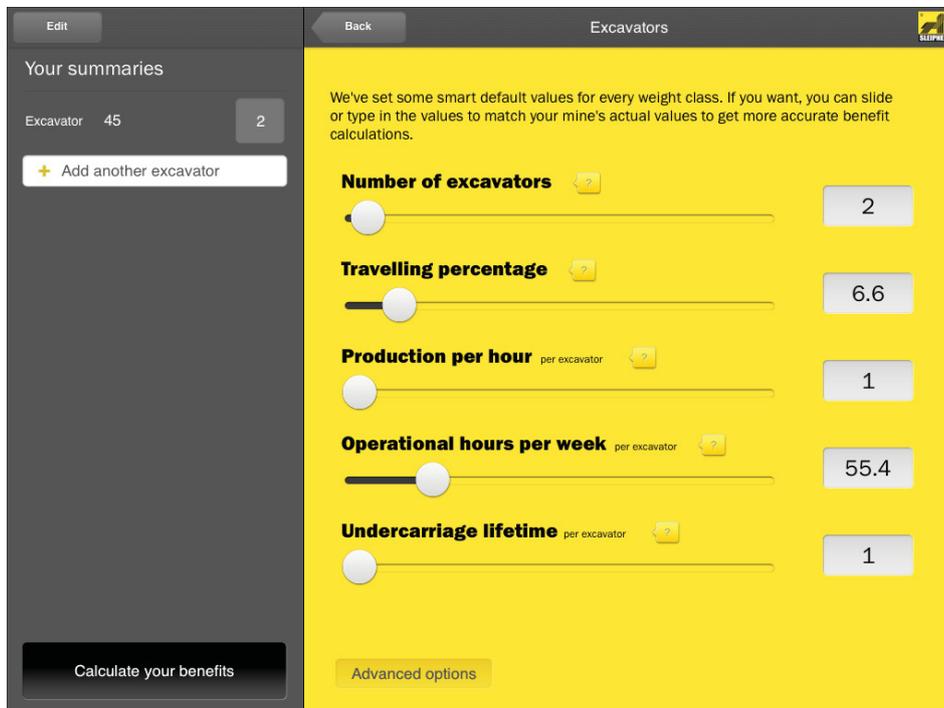


Figure 82: Input data overview of Hoffmann Minerals [33].

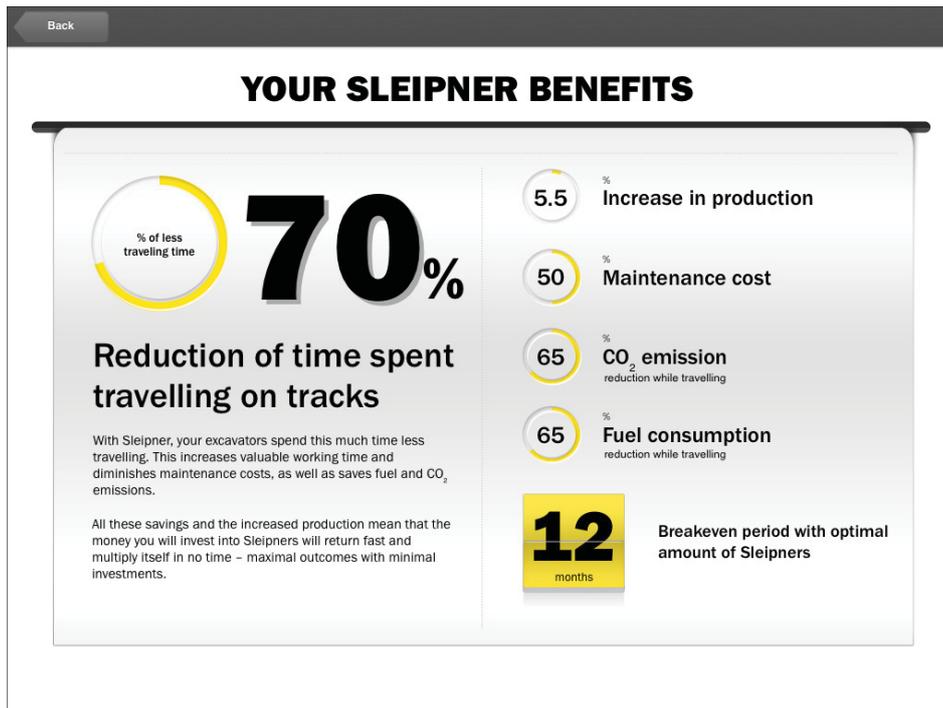


Figure 83: Output data overview 1 of Hoffmann Minerals [33].

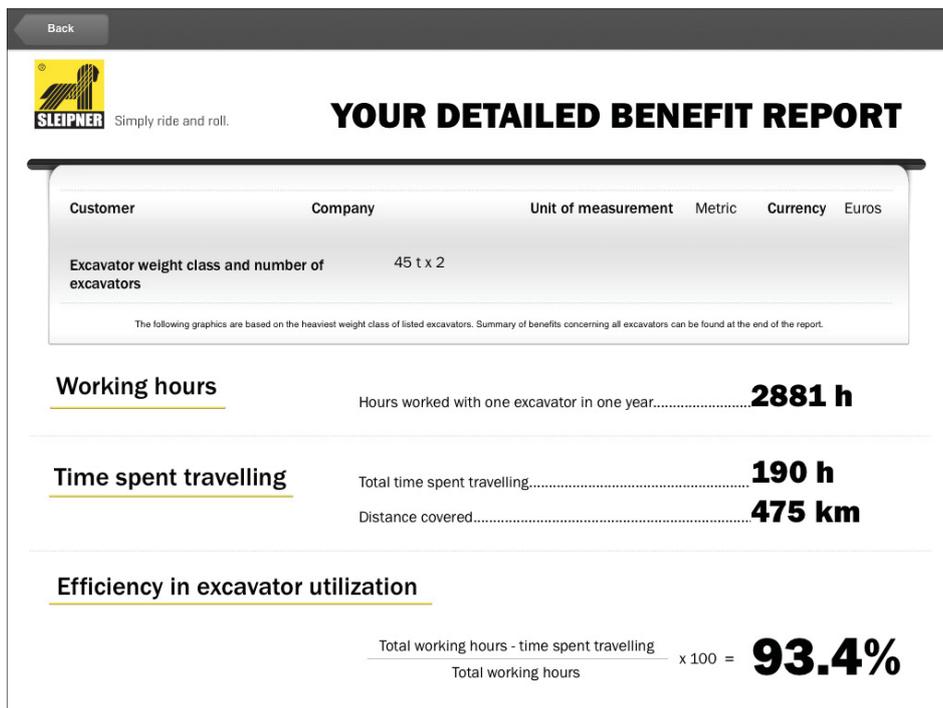


Figure 84: Output data overview 2 of Hoffmann Minerals [33].

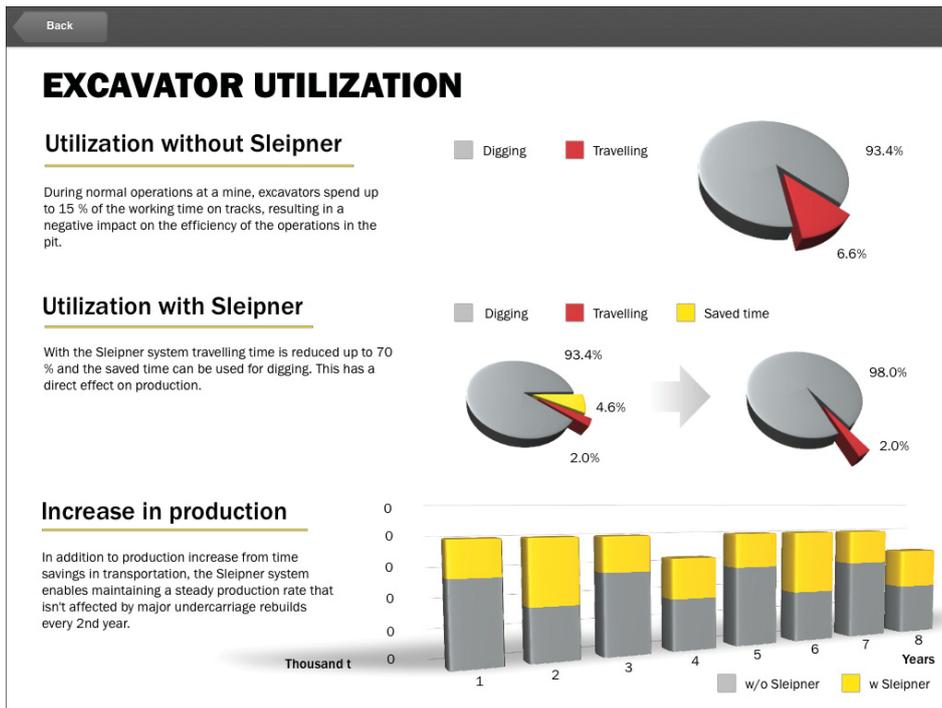


Figure 85: Output data overview 3 of Hoffmann Minerals [33].

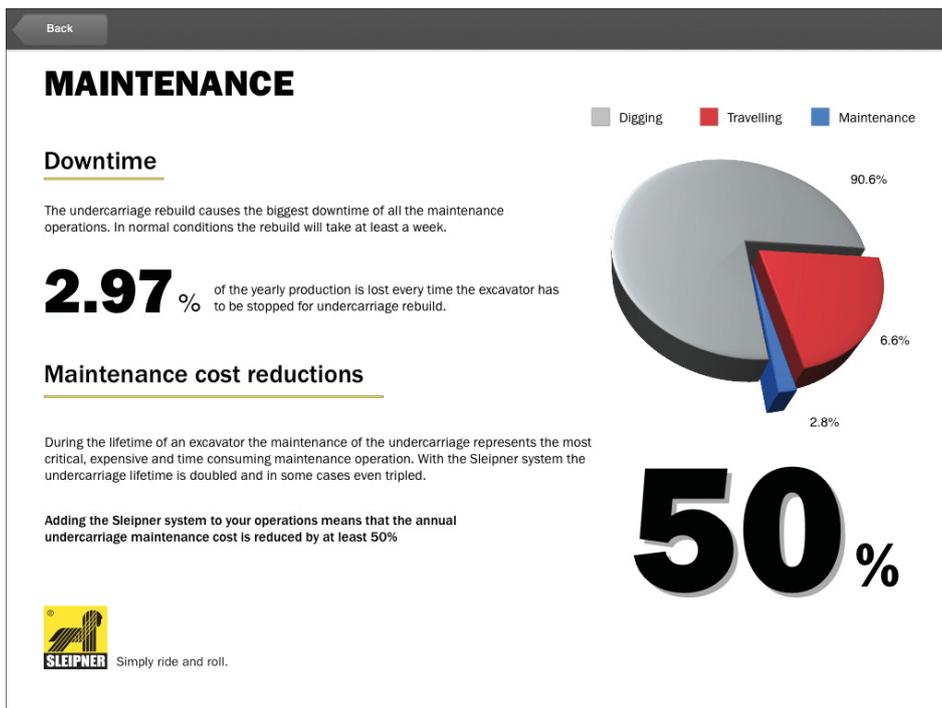


Figure 86: Output data overview 4 of Hoffmann Minerals [33].

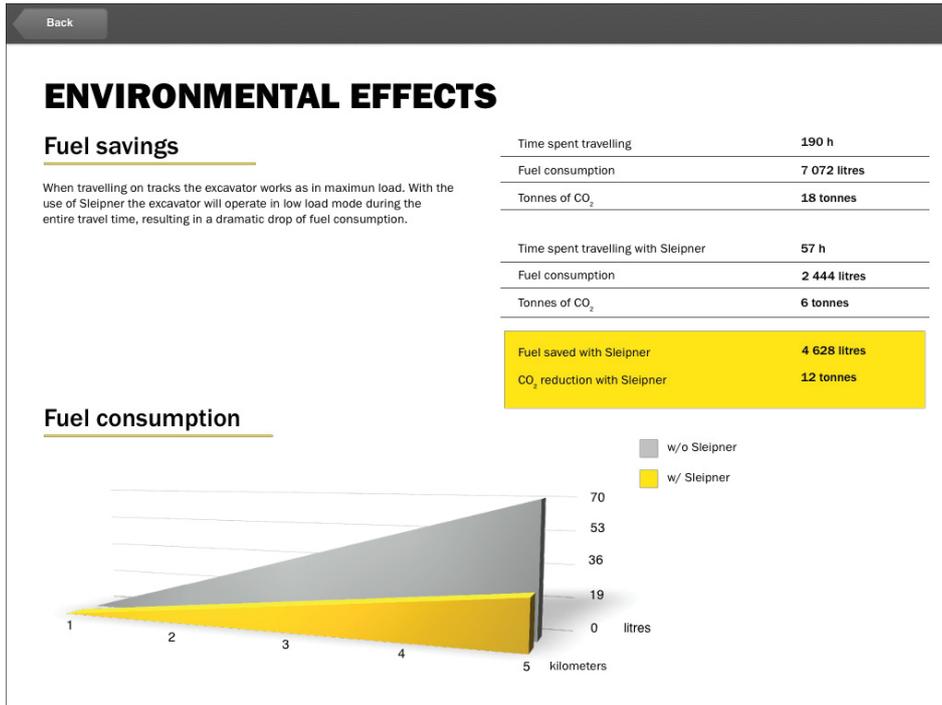


Figure 87: Output data overview 5 of Hoffmann Minerals [33].



Figure 88: Output data overview 6 of Hoffmann Minerals [33].

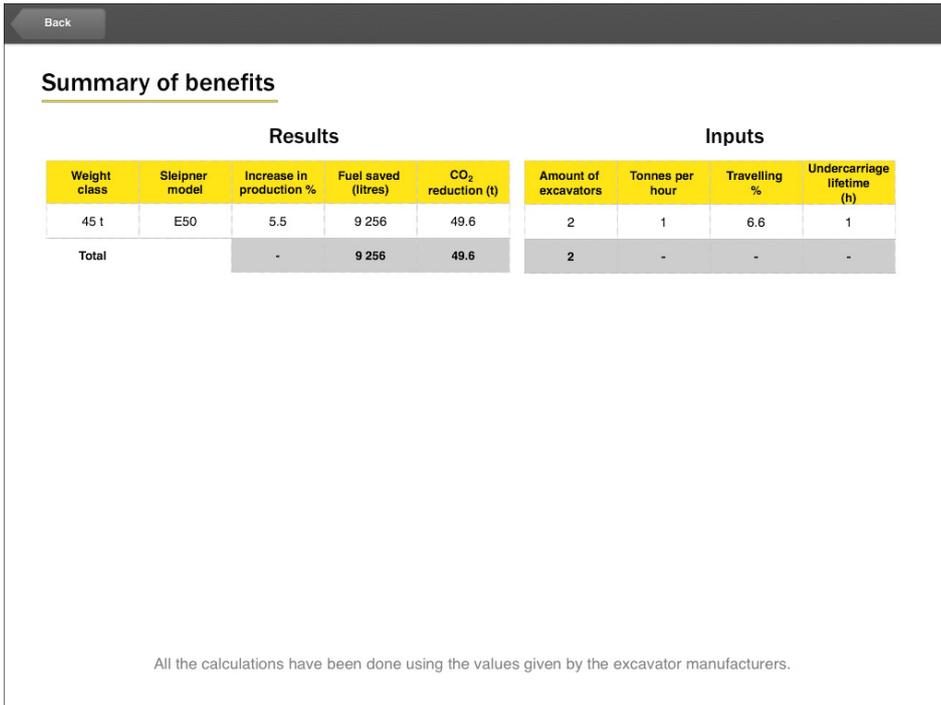


Figure 89: Summary of benefits of Hoffmann Minerals [33].

Calculation Schäfer Kalk

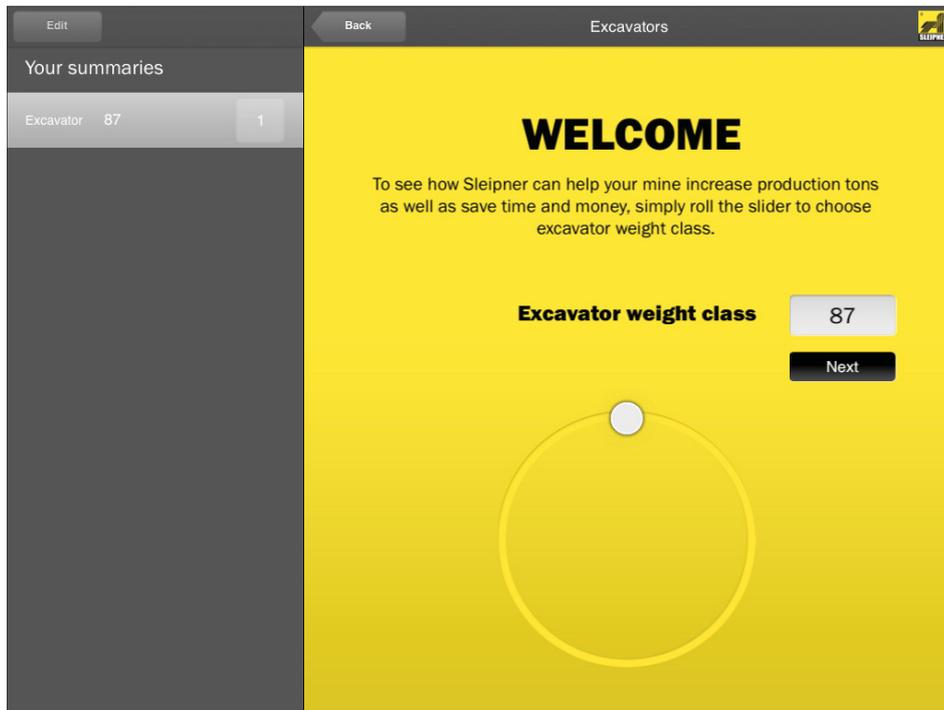


Figure 90: Input excavator 1 data of Schäfer Kalk [33].

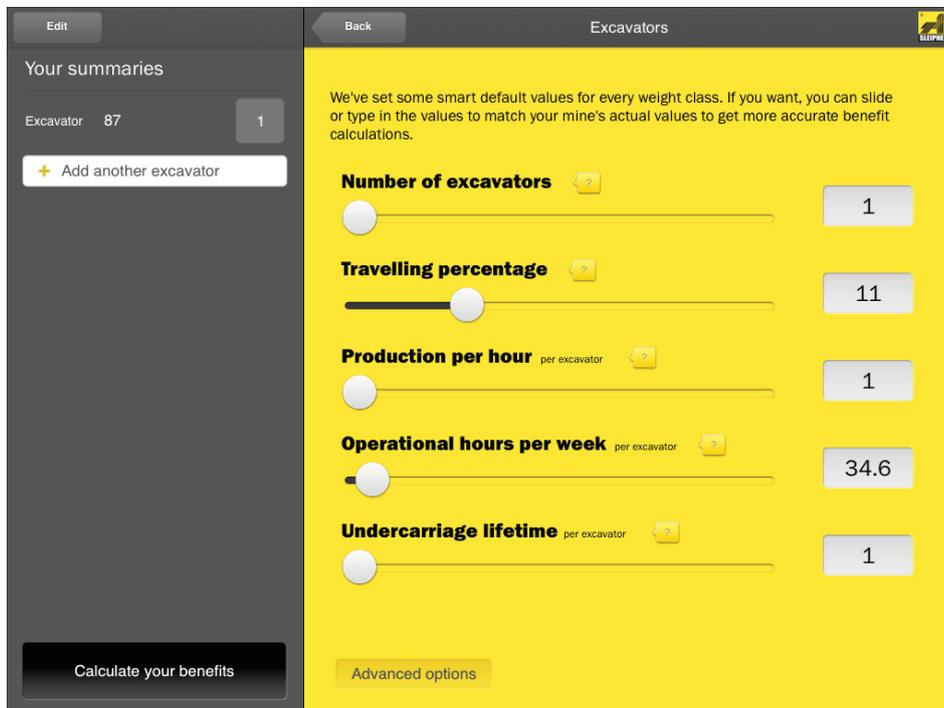


Figure 91: Input data overview 1 of Schäfer Kalk [33].

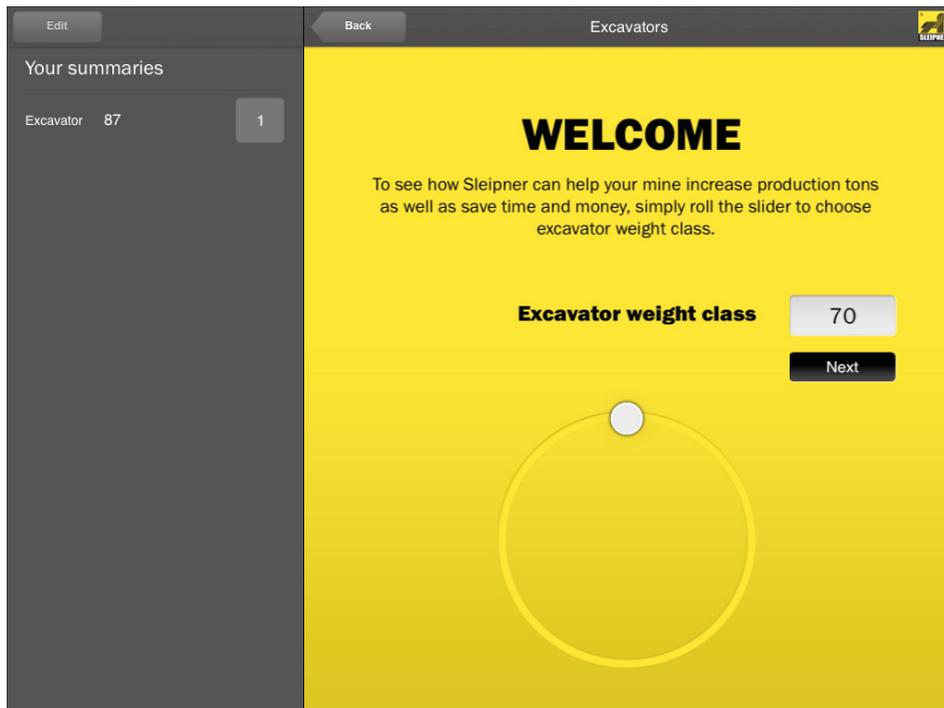


Figure 92: Input excavator data 2 of Schäfer Kalk [33].

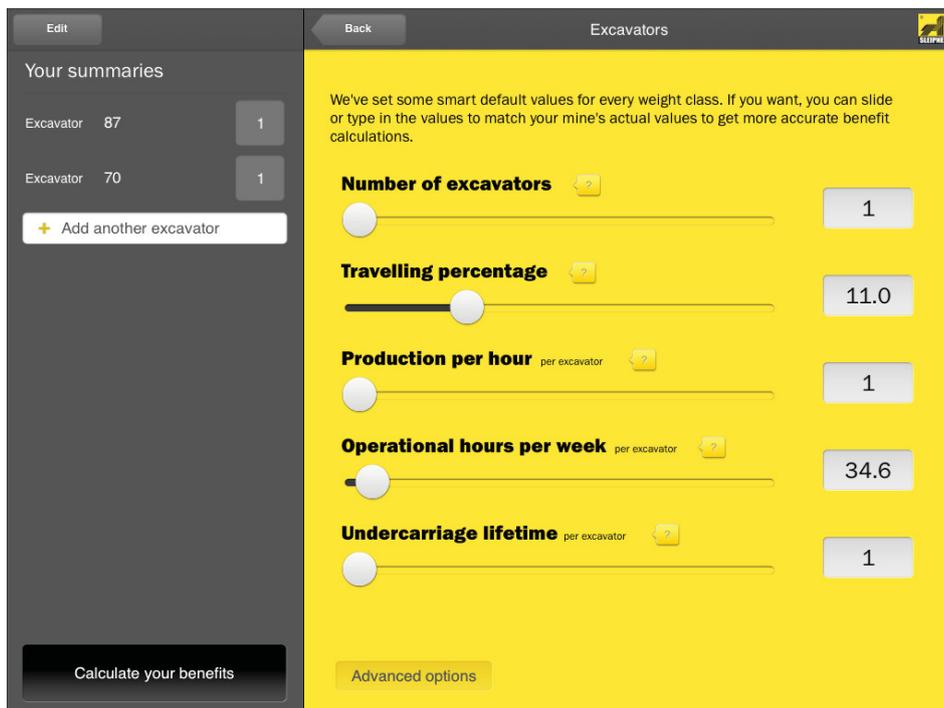


Figure 93: Input data overview 2 of Schäfer Kalk [33].

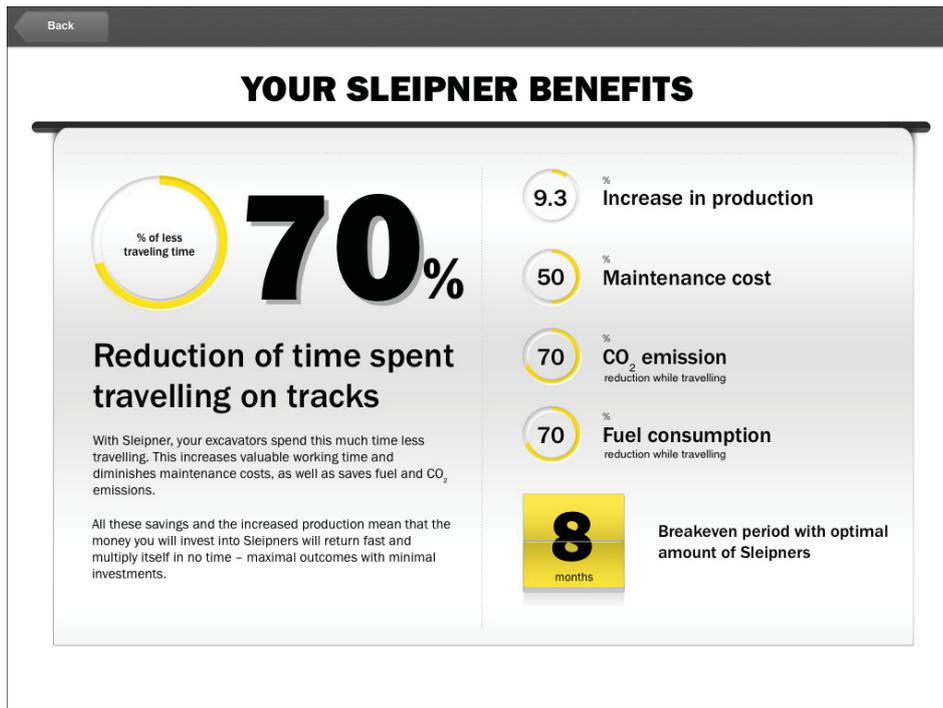


Figure 94: Output data overview 1 of Schäfer Kalk [33].

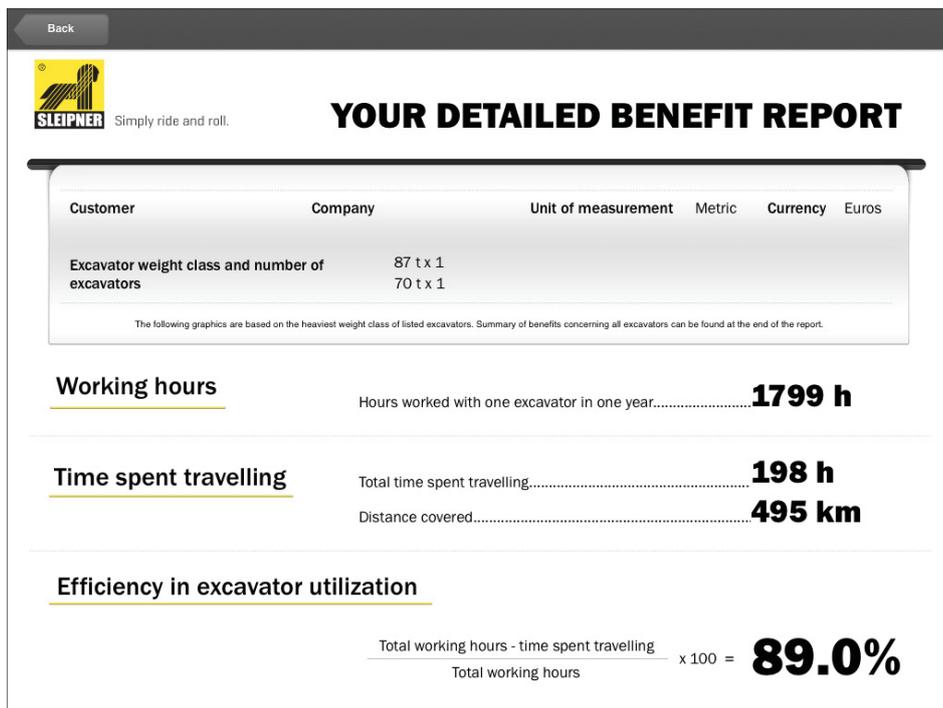


Figure 95: Output data overview 2 of Schäfer Kalk [33].

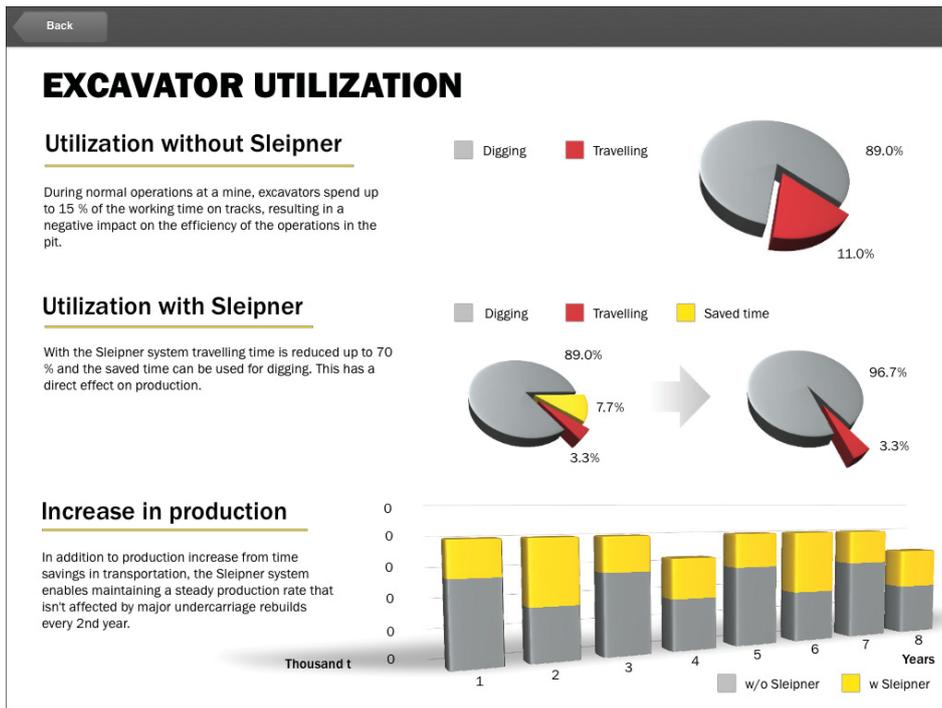


Figure 96: Output data overview 3 of Schäfer Kalk [33].

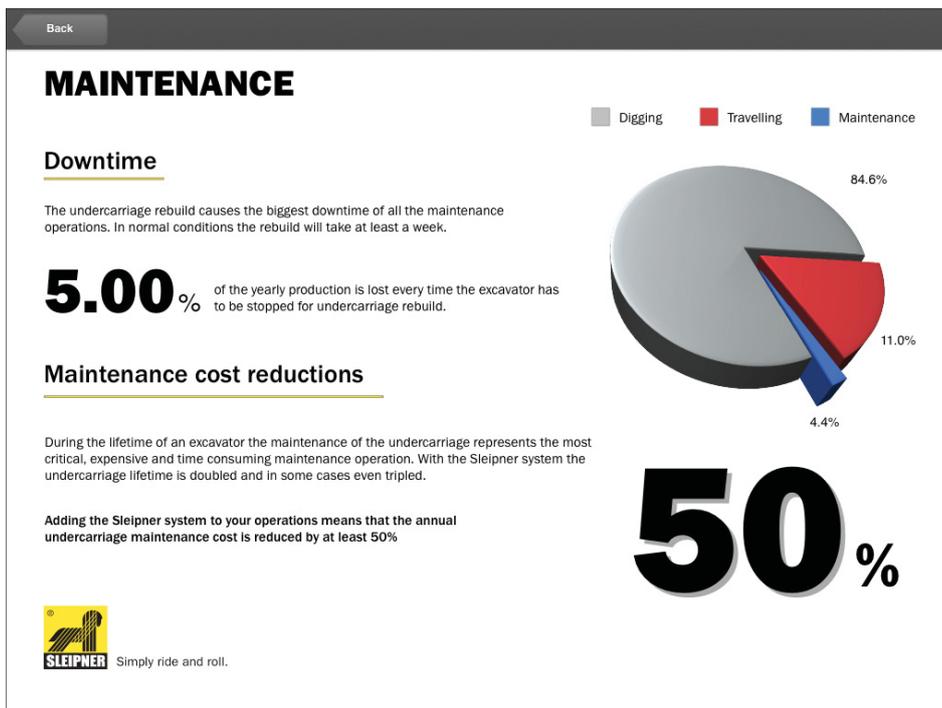


Figure 97: Output data overview 4 of Schäfer Kalk [33].

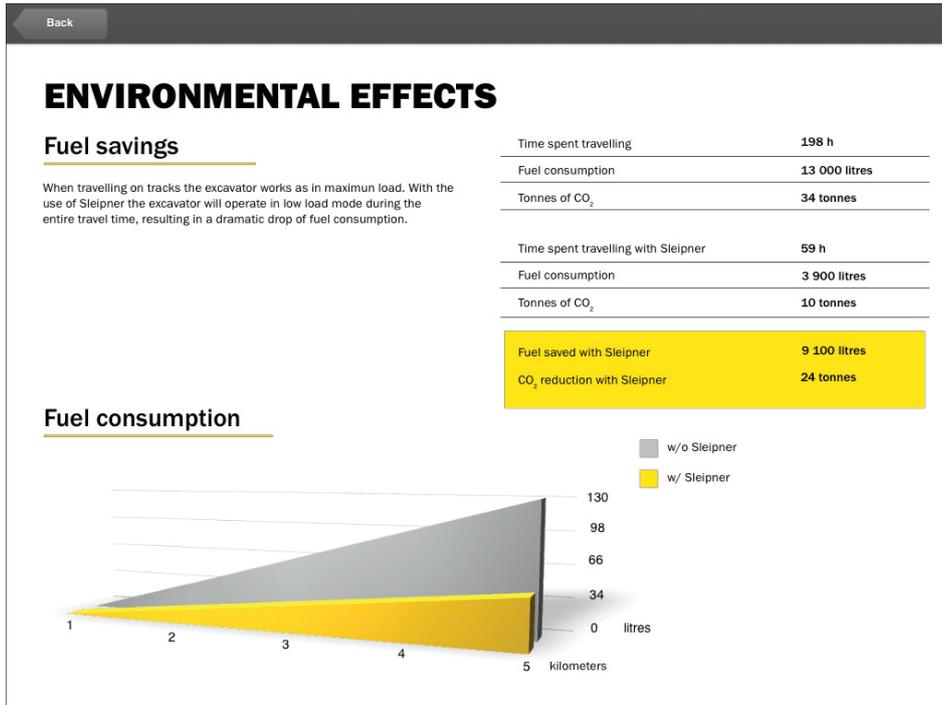


Figure 98: Output data overview 5 of Schäfer Kalk [33].

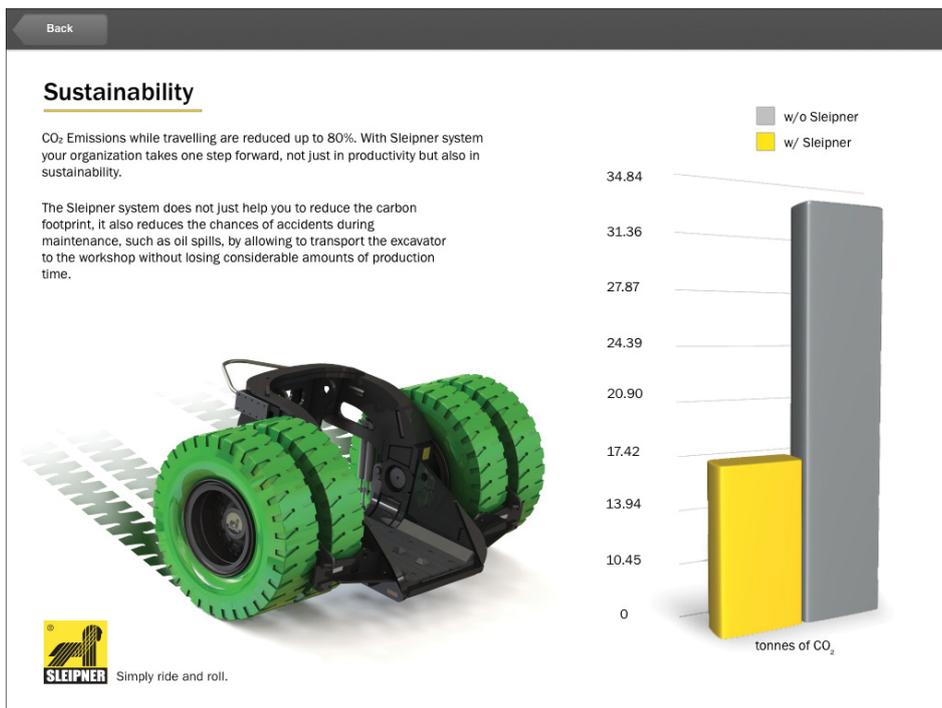


Figure 99: Output data overview 6 of Schäfer Kalk [33].

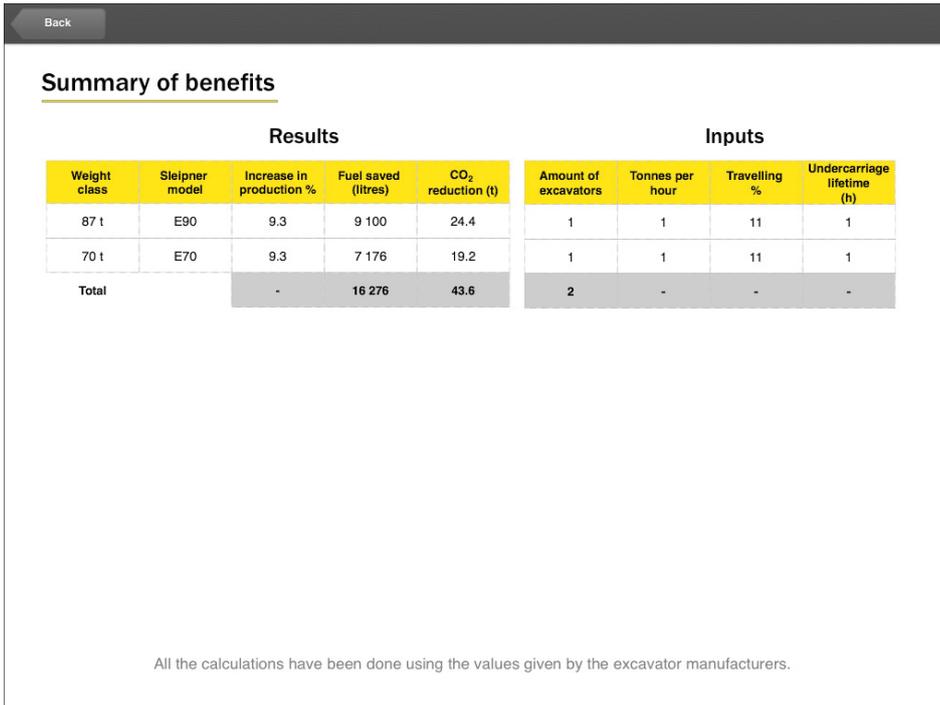


Figure 100: Summary of benefits of Schäfer Kalk [33].

Calculation Rheinkalk

Excavators

Your summaries

+ Add another excavator

WELCOME

To see how Sleipner can help your mine increase production tons as well as save time and money, simply roll the slider to choose excavator weight class.

Excavator weight class

Next

Figure 101: Input excavator data of Rheinkalk [33].

Excavators

Your summaries

Excavator 80

+ Add another excavator

We've set some smart default values for every weight class. If you want, you can slide or type in the values to match your mine's actual values to get more accurate benefit calculations.

Number of excavators

Travelling percentage

Production per hour per excavator

Operational hours per week per excavator

Undercarriage lifetime per excavator

Calculate your benefits

Advanced options

Figure 102: Input data overview of Rheinkalk [33].

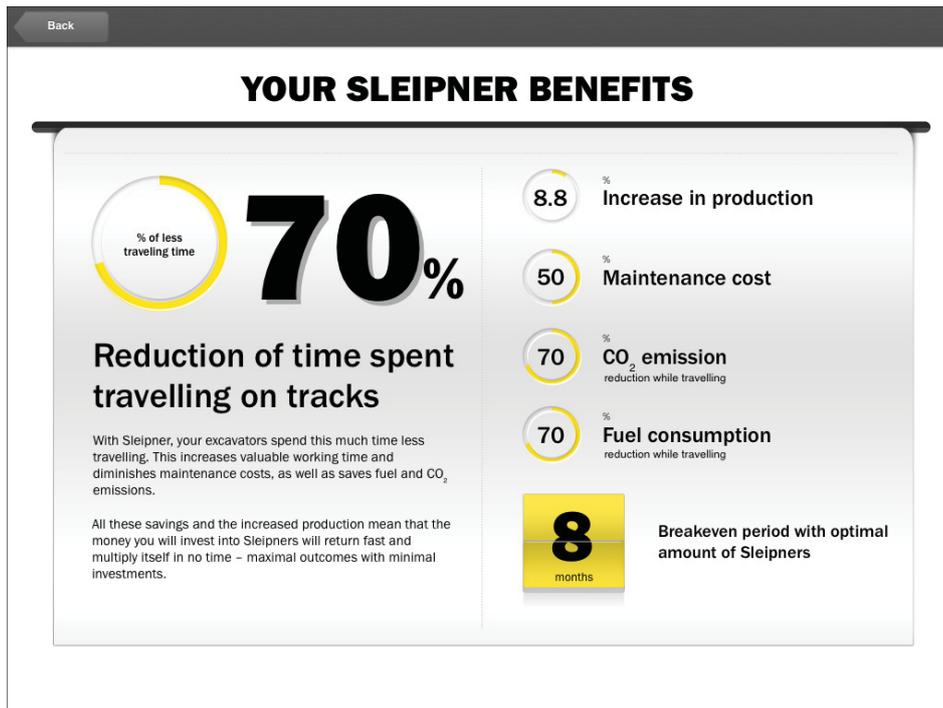


Figure 103: Output data overview 1 of Rheinkalk [33].

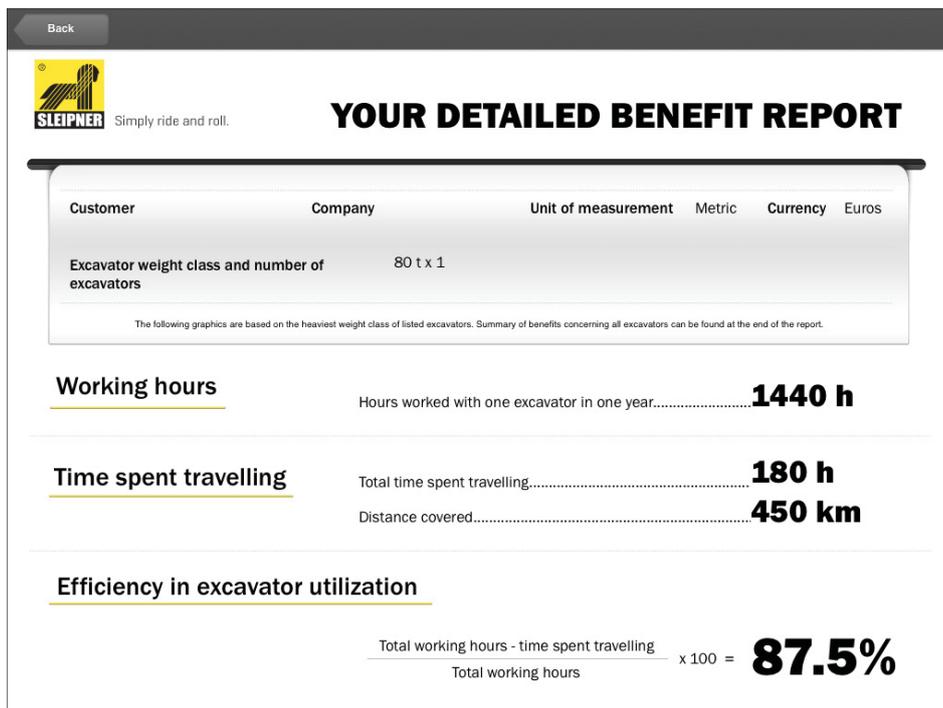


Figure 104: Output data overview 2 of Rheinkalk [33].

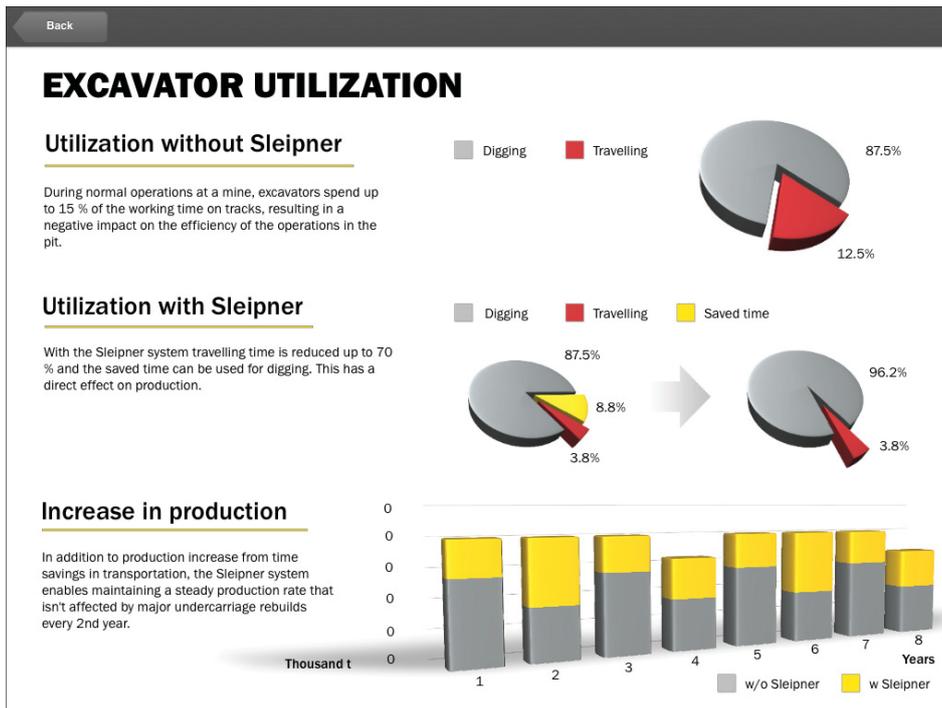


Figure 105: Output data overview 3 of Rheinkalk [33].

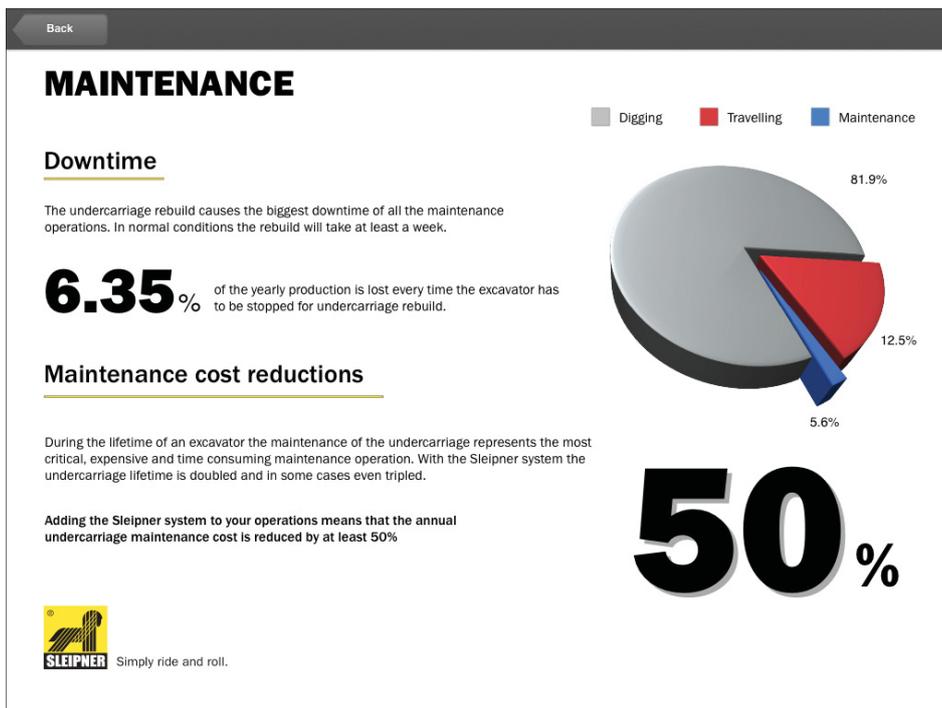


Figure 106: Output data overview 4 of Rheinkalk [33].

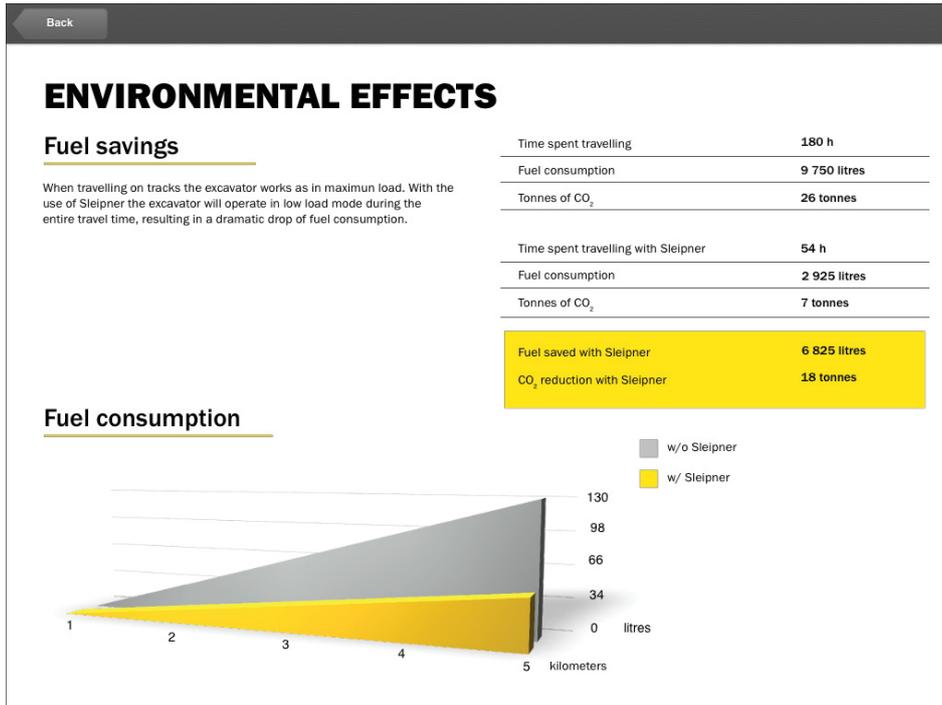


Figure 107: Output data overview 5 of Rheinkalk [33].



Figure 108: Output data overview 6 of Rheinkalk [33].

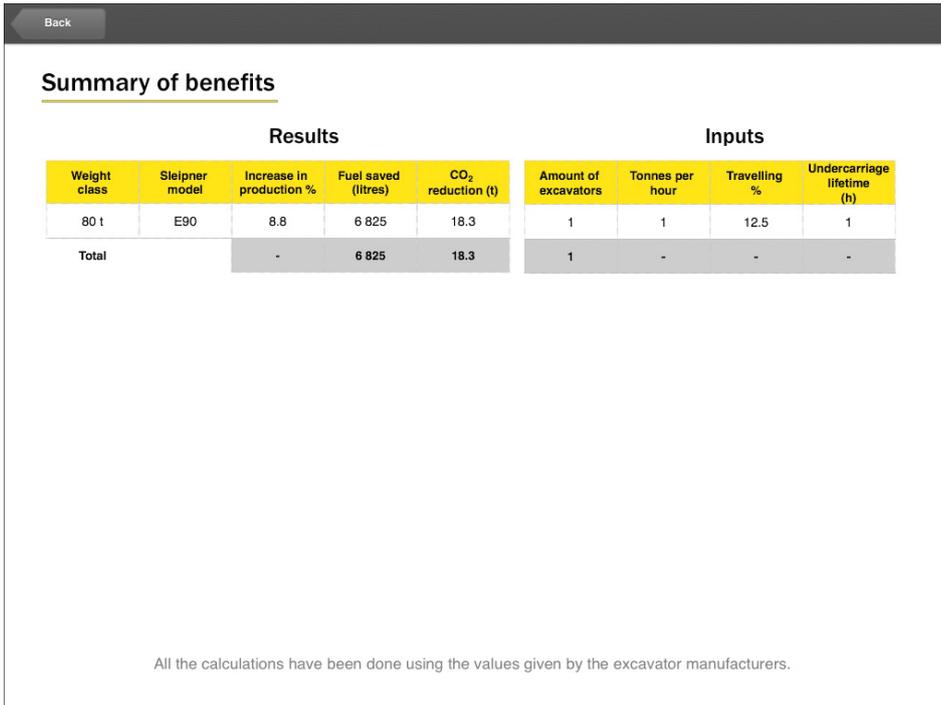


Figure 109: Summary of benefits of Rheinkalk [33].

Calculation Hope Construction Materials

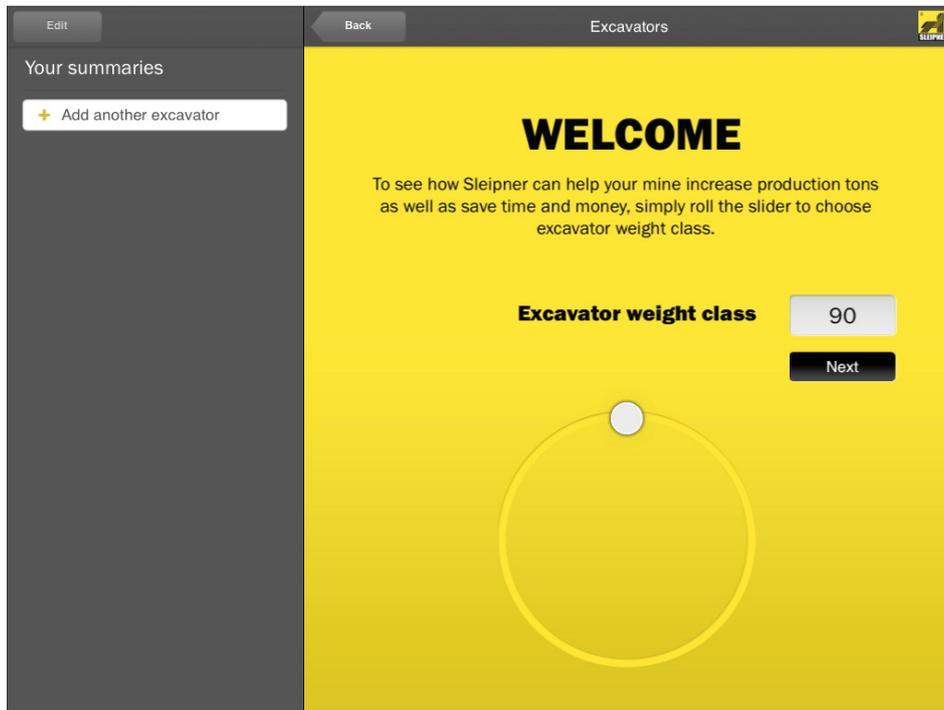


Figure 110: Input excavator data of Hope Construction Materials [33].

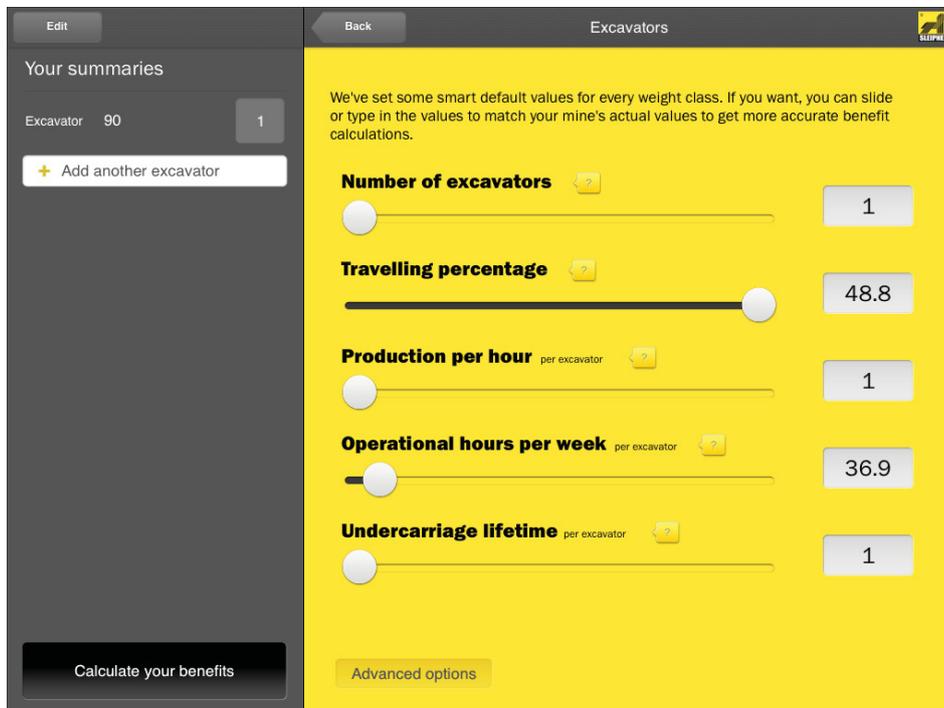


Figure 111: Input data overview of Hope Construction Materials [33].

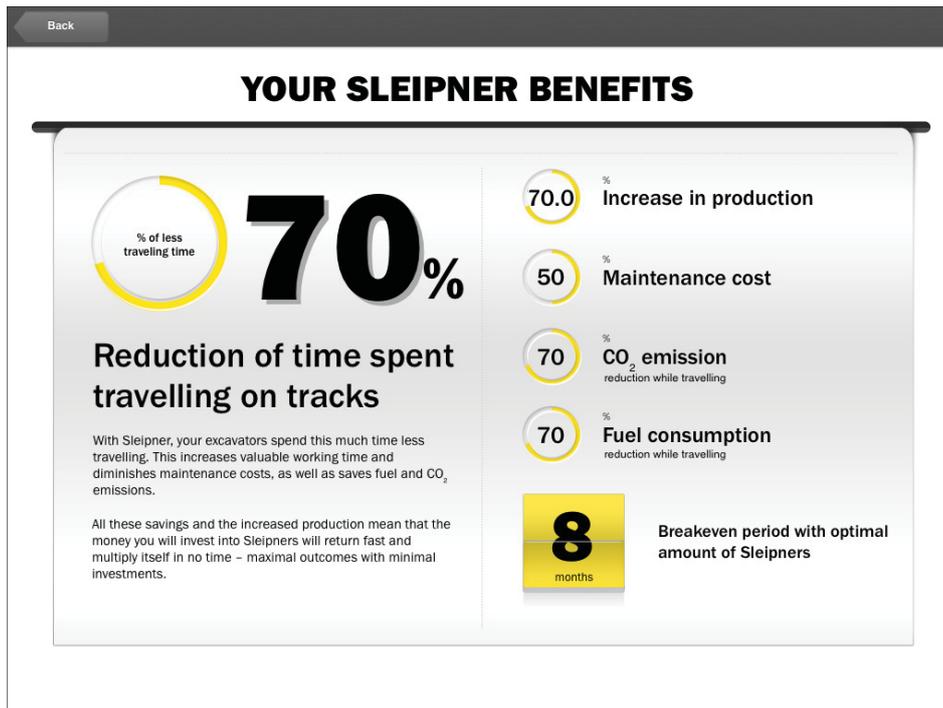


Figure 112: Output data overview 1 of Hope Construction Materials [33].

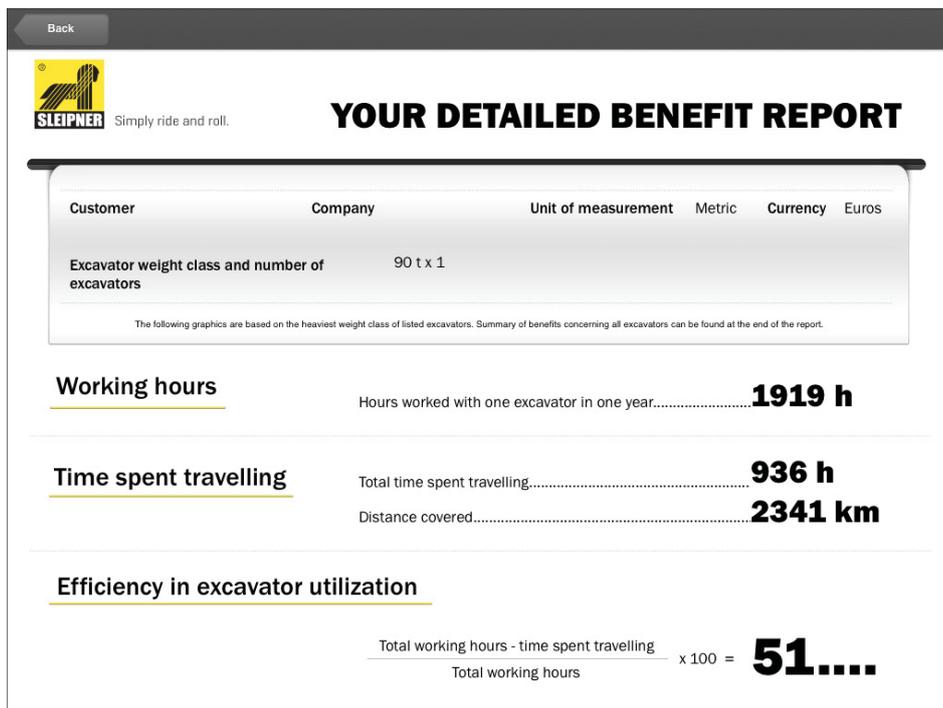


Figure 113: Output data overview 2 of Hope Construction Materials [33].

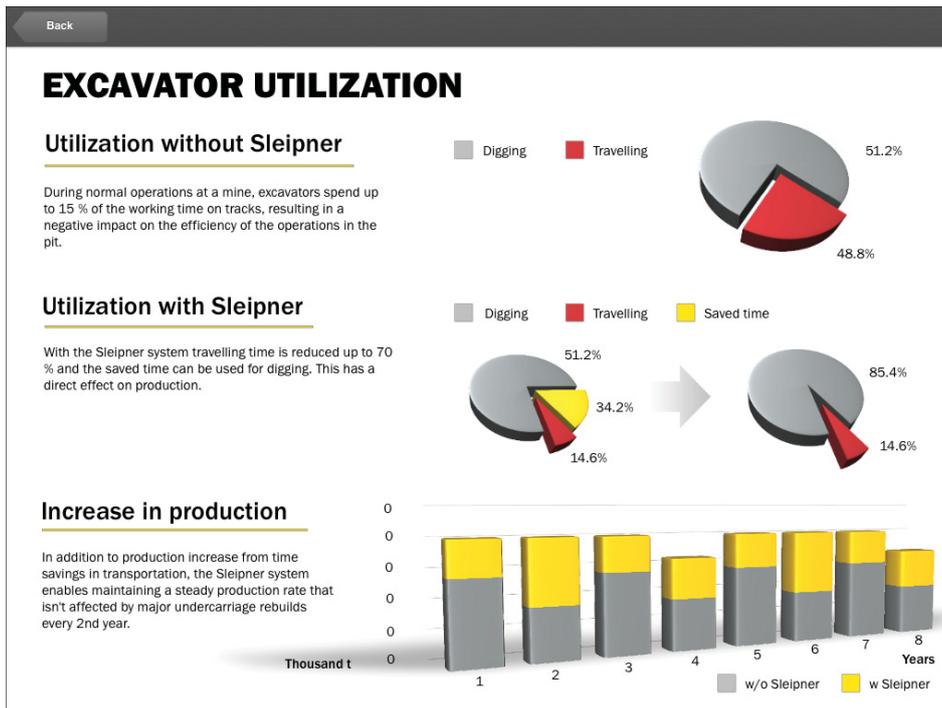


Figure 114: Output data overview 3 of Hope Construction Materials [33].

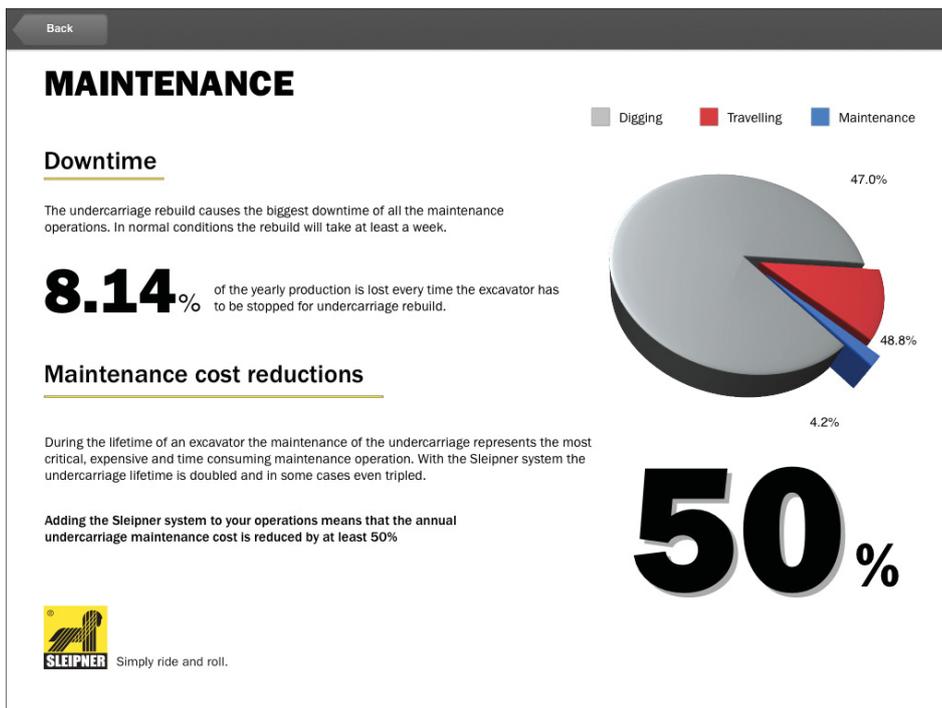


Figure 115: Output data overview 4 of Hope Construction Materials [33].

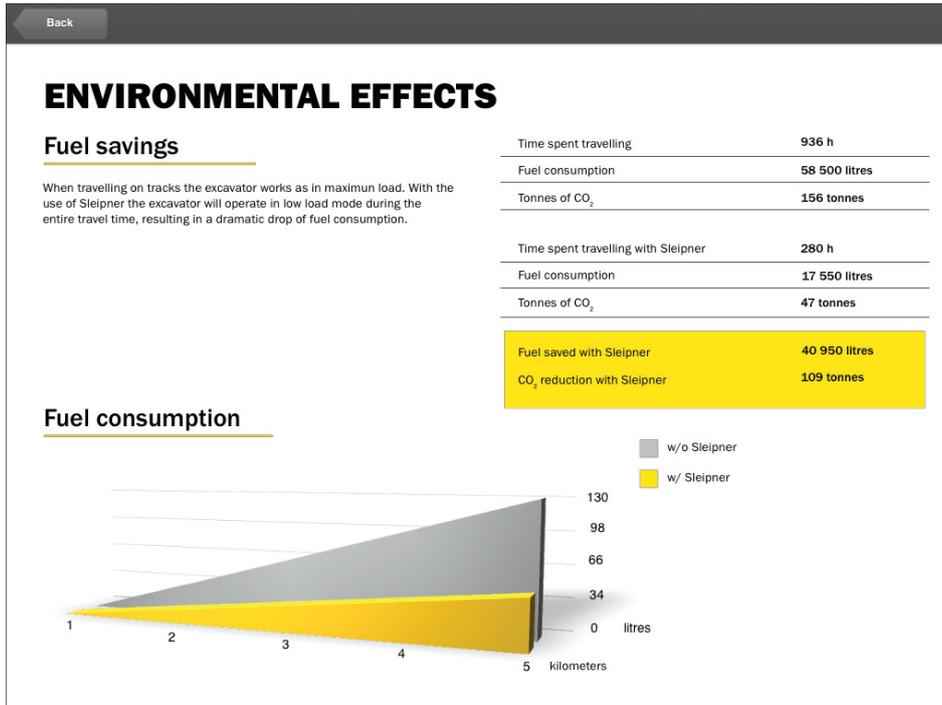


Figure 116: Output data overview 5 of Hope Construction Materials [33].

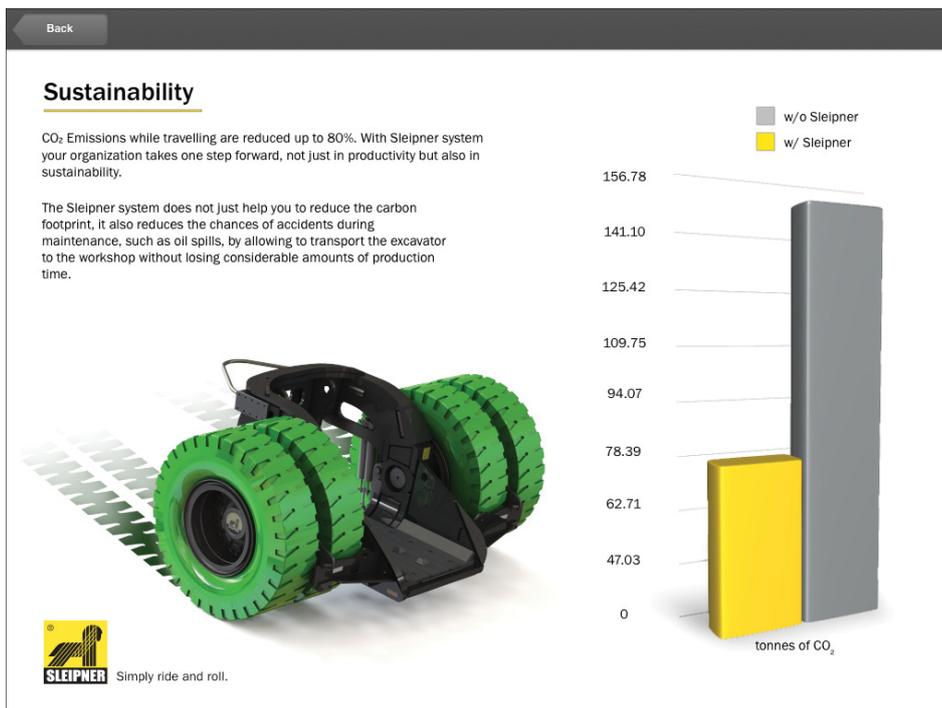


Figure 117: Output data overview 6 of Hope Construction Materials [33].

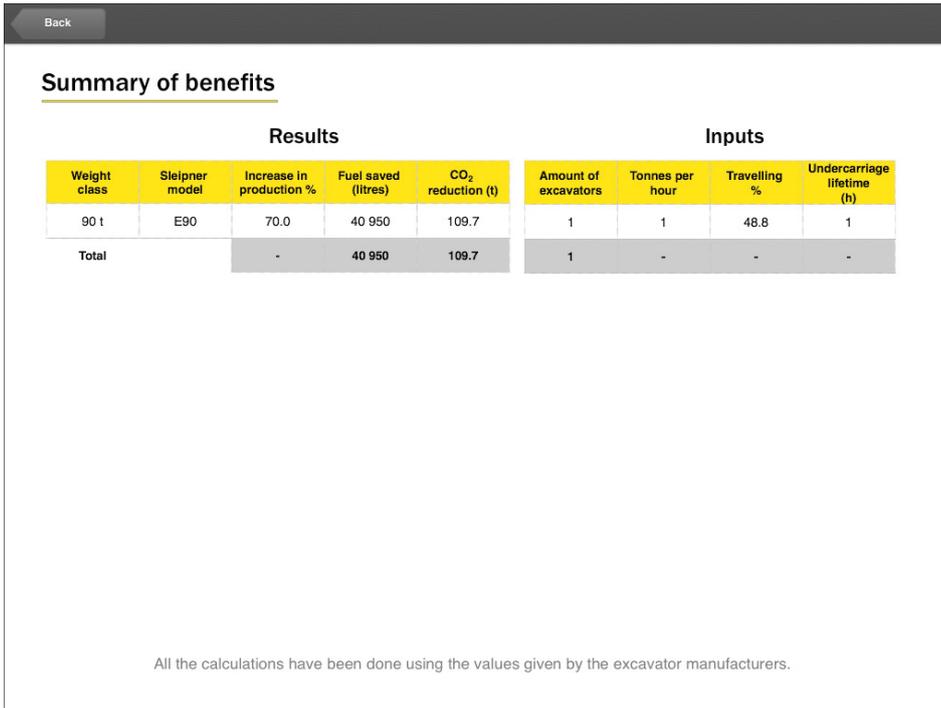


Figure 118: Summary of benefits of Hope Construction Materials [33].

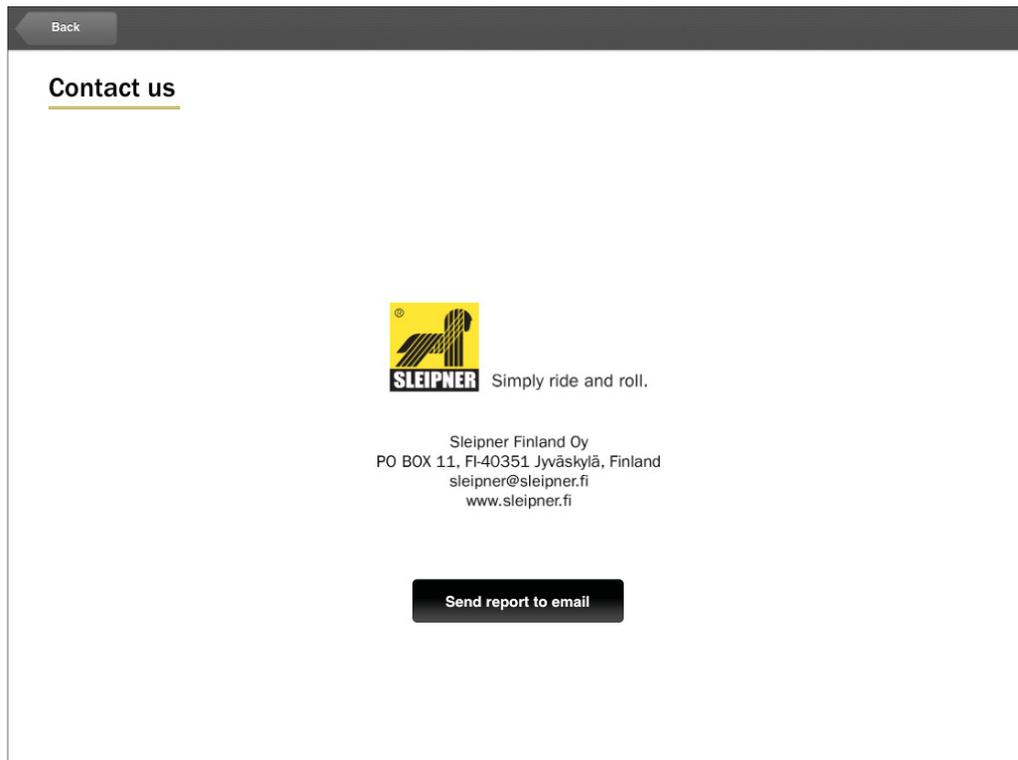


Figure 119: Contact opportunity of the Sleipner Benefit Calculator and final screen [33].