

FORWARDER ALS WICHTIGER FAKTOR DER ARBEITSPRODUKTIVITÄT IN HOCHMECHANISIERTER FORSTNUTZUNG

Jan Valenta und Jindrich Neruda

Institut für Forst- und Holztechnik
Mendel-Universität für Land- und Forstwirtschaft Brno
Zemedelska 3, CZ-613 00 Brno, Tschechische Republik
neruda@mendelu.cz

Schlüsselwörter: Forstnutzung, Forwarder, Produktivität, Faktoren

Abstrakt: *Es wurden verschiedene innere und externe Faktoren gefunden, die sehr bedeutend den Arbeitszeitaufwand und also auch die Arbeitsproduktivität der Maschinen in den sogenannten Harvestertechnologien der Forstnutzung beeinflussen. Präsentierte Entdeckungen sind durch eine Reihe von Messungen und statistischen Berechnungen verifiziert. Die gesamte Arbeitsproduktivität der Harvestertechnologien ist sehr bedeutend von der Produktivität des Forwarders beeinflusst. Es wurde festgestellt: die Arbeitsproduktivität von Forwarder steigt nur mässig mit der Nutzungsintensität, sehr grosser Einfluss haben Transportentfernung, Struktur und Volumen der Holzsortimente, was mit der Produktivität der Forwarder-Arbeit zusammenhängt; auf die Produktivität des Forwarders wirken sehr beträchtlich auch manche weiteren Faktoren: Gelände, Volumen und Länge des Laderaumes, Walderschliessung, Arbeitsqualität des Harvesteroperators usw.*

Gegenüber den klassischen Forstnutzungstechnologien, die überwiegend auf der Stammverfahren der Forstnutzung gegründet sind, d.h. unter Verwendung der Motorsägen zur Fällung und Bearbeitung der Bäume, zeichnen sich die Forstnutzungstechnologien mittels Harvesters durch einige typische Eigenschaften aus: sie gehen von Sortimentholzertnemethode aus, für optimale Arbeitsergebnisse erfordern geeignete sekundäre Bestandeserschliessung mittels Rückegassen, deren Leistungsfähigkeit ist mehrfach grösser, ökonomische Parameter in Umrechnung in das erzeugte Sortiment sind günstig, ändert sich die logistische Kette des genutzten Holzes vom Waldeigentümer zum Kunden, erhöht sich die Arbeitssicherheit durch die Reduktion eines direkten Kontakts des Arbeiters mit Holz, in der Regel sind zur Waldumgebung schonender etc. Nachteil sind hohe Anschaffungskosten, Notwendigkeit der vollkommenen Arbeitsorganisation einschl. Sicherung der genügenden Holzmenge zur Nutzung, hohe Ansprüche auf Qualität der Operatoren sowie die durch Naturbedingungen gegebenen Beschränkungen (Gelände, Baumart etc.).

Ökonomik des Einsatzes der Harvestertechnologien der Forstnutzung wird durch die Leistungsfähigkeit ihrer einzelnen Knoten, d.h. der Harvesters und Forwarders ausgeprägt beeinflusst. Mit Rücksicht auf die unterschiedlichen Natur-Erzeugungsbedingungen der CZ kann man nicht nur passiv die ausländischen Ergebnisse und umfangreichen Erfahrungen (insbesondere skandinavische) aus der Verfolgung der Leistungsparameter der Harvestertechnologien übernehmen. Jahre lang sind aber die Harvestertechnologien mit Erfolg auch in den mitteleuropäischen Nachbarstaaten, vor allem in Deutschland und Österreich in den vergleichbaren oder sogar anspruchsvolleren Bedingungen verwendet im Vergleich zu den in den CZ-Forsten vorliegenden Bedingungen. Daraus kann man es ausser anderem auf die Begründung einer weiteren Erweiterung der Harvestertechnologien der Forstnutzung im Inland schliessen und ihre erreichten Parameter bei uns und im Ausland vergleichen.

Methode der Forschungslösung ging von den zeitlichen Studien der Leistungsfähigkeit von Maschinenknoten der Harvestertechnologien in den unterschiedlichen Bedingungen der Arbeitsumgebung aus. Die Untersuchung der Leistungsfähigkeit der Forwarders erfolgte am Beispiel der Maschinen Rottne Solid F 9 und Solid F 12, die mit den Harvesters Rottne 2004 und Rottne 5005 die Produktionsknoten bildeten. Einfluss der Bedienung bei der Untersuchung wurde damit eliminiert, dass alle Verfolgungen nur bei erfahrenem Operator der Forstmaschinen mit Einarbeitungszeit mehr als 2 Jahre erfolgten. Die gewonnenen Daten wurden danach durch Korrelations- und Regressionsanalyse mittels spezieller statistischer Programme bearbeitet.

Der Arbeitszyklus des Forwarders ist im Vergleich zum Harvester komplizierter und kann in drei Phasen eingliedert werden:

- Aufladen der Abschnitte im Bestand
- Fahrt
- Abladen.

Aufladen

Operator des Forwarders kann sich zwischen zwei Arbeitsverfahren entscheiden:

1. Gleichzeitige Holzbringung aller Sortimente mit nachfolgender Sortierung auf dem Abladeplatz
2. Getrennte Sortimentbringung ohne Notwendigkeit der Sortierung auf dem Abladeplatz

Gewöhnliches ist das zweite Verfahren, weil es weniger zeitaufwendig ist. Länge des Fahrkorbs des Forwarders (4 m) ermöglicht gleichzeitig nur 2 Kurzsortimente mit Länge von 2 m oder 1 Sortiment mit Länge von 2 m und 1 Sortiment mit Länge von 2,5 m mit Unterbringung hintereinander, ohne deren Vermischung, zu bringen. Die längeren Sortimente sind vereinzelt zu bringen und zur gleichzeitigen Bringung kommt es nur dann, wenn eines der Sortimente nur wenig vertreten ist. Im Rahmen der Untersuchung ist es gelungen, die Abhängigkeit zwischen der Aufladegeschwindigkeit, dem Durchschnittsvolumen der aufgeladenen Abschnitte und Menge der aufgeladenen Abschnitte entlang der Rückegasse nachzuweisen. Die Abhängigkeit ist mit der Gleichung wie folgt ausgedrückt:

$$t_{m3} = 17,5 \cdot \frac{1}{V_v^{0,77}} + 300,6 \cdot \frac{1}{V_{s100}^{0,88}}$$

t_{m3} – Zeitaufwand bei Aufladen (s/m^3 o.R.), V_v – Durchschnittsgewicht des Sortimentabschnitts (m^3 o.R.), V_{s100} – Sortimentmenge je 100 m der Rückegasse (m^3 o.R.)

Abschnittvolumen, gegeben durch die Länge und den Mittendurchmesser, beeinflusst einfaches Ergreifen mit hydraulischem Arm. Ergreifen von zwei Sägeblöcken ist verhältnismässig einfacher als Aufladen von 10 Faserabschnitten von gleichem Gesamtvolumen. Dieses kann mit Abschätzung, Holzstapelmessung oder aufgrund der Daten des Computers am Instrumentenbrett des Harvesters bestimmt werden. Eine grössere Sortimentmenge bei der Rückegasse eliminiert das zur Ladungszusammenstellung notwendige Befahren, das die Arbeitsunterbrechung darstellt. Hergeleitet wird aus der Vertretung der einzelnen Sortimente, Nutzungshöhe je ha und dem Abstand der Rückegassen. Der Zeitaufwand für Aufladen des Forwarders sinkt parallel mit der wachsenden Nutzungshöhe, dem wachsenden Abstand der Rückegassen und der kleineren Sortimentzahl.

Die Aufladegeschwindigkeit ist auch durch weitere Faktoren beeinflusst. Häufig wird eine schlechte Einbringung und Aussortierung der Sortimente durch den Operator des Harvesters gestritten, die die Leistungsfähigkeit des Forwarders beträchtlich reduziert. Geeignetes Verfahren hierzu ist es, wenn der Operator zuerst Sägeblöcke bringt, die unter den anderen Sortimenten einfach gewählt werden können und hierdurch sich den Raum für leichtere Sammlung des Kurzfaser- und Brennholzes bildet.

Fahrt

Der Forwarder besitzt zwei Geschwindigkeitsstufen. Die höhere Geschwindigkeitsstufe wird auf den befestigten Kommunikationen verwendet, bei denen er Abladeplätze für den Lastzug bildet, und somit verwendet diese Geschwindigkeitsstufe nur wenig. Bei einer niedrigeren Fahrstufe ist die Traktionskraft genügend und der Forwarder ist nicht imstande, die volle Geschwindigkeit auf dem Rückeweg (von ca. 5 km/h) nur bei Fahrt mit Ladung gegen steilen Hang, im schlammigen Gelände und auf den Rückegassen mit Bestehen der durch den Harvester gebildeten Stubben zu erreichen. Bei unserer Untersuchung sank die Durchschnittsgeschwindigkeit von 5,1 km/h auf 2,5 km/h. In den Rückeabstand wird der während des Aufladens gefahrene Abschnitt nicht einbezogen. Zeit zur Bringung je Ladung ist laut Formel wie folgt bestimmt.

$$t_{1j} = \frac{(l - l_c) \cdot t_l + l_c \cdot t_c}{100} \cdot 2$$

t_{1j} – Zeit für Bringung je Ladung (s), l – Gesamtrückeabstand (m), l_c – Rückeabstand auf dem Waldweg (m) t_c – Zeit für gefahrene 100 m auf dem Rückeweg (durchschnittlicher Wert ca 70 s), t_l – Zeit für gefahrene 100 m auf der Rückegasse (durchschnittlicher Wert ca 140 s)

Fahrtzahl für Bringung der konstanten Holzmenge hängt von der Länge der erzeugten Abschnitte (Abb. 1) ab. Hinter die Abschnitte von Länge von 3 m ist z. B. nicht möglich auch kurze Abschnitte von 2 m einzubringen und der Fahrkorb ist nicht völlig ausgenutzt. Das gesamte Ladevolumen den Abschnitten kürzeren als 4 m kann bis um ein Viertel gegenüber den Abschnitten von 4 m kleiner sein.

Die Fahrzeit verlängert auch das schlammige Gelände. In solchem Fall registriert das Instrumentenbrett des Computers des Forwarders wegen des Räderrutsches statt des 100 m- Abstandes einen grösseren Abstand, sogar auch den zweifachen.



Abb 1: Die je Fahrt gebrachte Holzmenge hängt von der Länge der gebrachten Sortimente ab.

Abladen

Bei Abladen ist die Abschnittlänge massgebend. Soweit der hydraulische Kran über ausreichende Kraft verfügt, hängt das abzuladende Holzvolumen je 1 Ergreifen nur von seiner Länge ab. Bei Solid F 9-Forwarder verfügt der hydraulische Kran über kleinere Kraft und der Greifer ist ebenfalls kleiner als bei Solid F 12 der Fall ist. Trotzdem ist es nicht gelungen, diesen Unterschied nachzuweisen ebenfalls wie bei Aufladen, weil die Fertigkeit der Operatoren unterschiedlich war. Den zweiten nachgewiesenen Faktor stellt die Notwendigkeit dar, die Sortimente auf dem Abladeplatz zu sortieren, ausgedrückt durch den Prozentsatz der aussortierten Abschnitte des beigemischten Sortiments. Als unerfasster Faktor bleibt ausser den Nachtsarbeiten auch die Unterbringung der Abladeplätze. Durch die Unterbringung der Abladeplätze auf den beiden Seiten des Abfuhrweges ist ein Befahren abgebaut. Soweit die Abladeplätze nur entlang einer Seite des Weges vorliegen, erhöht sich der Zeitaufwand wegen des Überfahrens unter den Abladeplätzen und dies hätte auch durch die Erhöhung des Rückeabstandes berücksichtigt werden.

$$t_{skl\ m3} = [136 \cdot l_s - 54 \cdot 52 \cdot \ln(l_s)] \cdot \left(1 + 2,11 \cdot \frac{p_s}{100}\right)$$

$t_{skl\ m3}$ - Abladezeit (s/m³ o.R.), l_s - Sortimentlänge (m), p_s - Prozentanteil an Abschnittstücken des beigemischten Sortiments ($p_s = 0$ bis 50 %)

Zur praktischen Verwendung sind die angeführten Gleichungen laut dem beschriebenen Verfahren in Tabelle hineingelegt, die im Excel-Programm erstellt wurde. Hierdurch wird die Berechnung weniger aufwendig gegenüber den üblichen Normen. Um eine Vorstellung über die Leistungsfähigkeit der Forwarder zu bekommen, wurden 10 praktische Beispiele (Tab. 1) ausgewählt. Änderungen in den Eingabedaten der einzelnen Beispiele, die in die Tabelle einzugeben sind, werden farbig bezeichnet. In allen Fällen wird damit gerechnet, dass auf reine Maschinenarbeit von 45 Minuten je Stunde entfallen. Die Leistungsunterschiedlichkeit der beiden Forwarders ist nur auf den Querschnitt des Laderaumes (Solid F 9 3,6 m² und Solid F 12 4,5 m²) zurückzuführen.

Im Beispiel 1 geht es um den Fall, wo in einem jungen Bestand nur 2 Sortimente erzeugt werden. Im zweiten Fall fällt der Zuschlag ab, weil auch ein Sortiment mit Länge von 4 m erzeugt wird. Im dritten Beispiel geht es um einen älteren Bestand mit grösserem Durchschnittsvolumen der Abschnitte und von höherer Intensitätsmassnahme. Wenn sich in gleichem Bestand der Abstand von Rückegassen erhöht (Beispiel 4), erhöht sich auch die Holzkonzentration bei den Rückegassen und hierdurch auch mässig die Leistungsfähigkeit des Forwarders (beim Harvester ist die Lage umgekehrt). Im fünften Fall erhöhte sich der Rückeabstand (nach Beendigung des Aufladens) auf die extremen 1 000 m, davon entfallen 800 m auf die Fahrt auf der Rückegasse. Soweit wir im gleichen Bestand Abschnitte mit Länge von 3 m erzeugen, erhöht sich die zur Holzbringung erforderliche Fahrzeit und die Leistungsfähigkeit sinkt (Beispiel 6). Im Fall 7 geht es um die Endnutzung mit dem gleichen Rückeabstand, der im Beispiel 8 zum üblichen Wert zurückkehrt. Die Sortimente werden auf dem Abfuhrplatz überhaupt nicht sortiert, unter diesen Bedingungen erzielt der Forwarder seine höchste Leistungsfähigkeit. Bei den Endnutzungen mit grosser Holzmenge ist das Netz von Rückegassen, auf denen sich der Harvester und Lastzug bewegen, vielmehr dichter, weil es bei den Rückegassen mit Abstand von ca. 20 m am Platz zum Abladen solcher grossen Holzmenge mangelte und weil der Harvester das Holz nur auf einer Seite der Rückegasse nutzt. Wenn ein Operator des Forwarders auf dem Afuhrplatz das Rundholz in starkes und schwaches sortiert (Beispiel 9), sinkt die Leistungsfähigkeit. Wenn diese Sortierung bereits ein Harvester-Operator durchführt und bereits im Bestand zwei Sortimente entstehen, die abgetrennt gebracht werden, erhöht sich die Leistungsfähigkeit (Beispiel 10). Das ist Nachweis des Vorteils des Arbeitsverfahrens mit der abgetrennten Bringung der Hauptsortimente.

Leistungsfähigkeit der Solid F 9 a Solid F 12-Forwarders										
Leistungsfähigkeit beeinflussende Faktoren	Beispiel									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nutzungshöhe je ha	20 m ³	30 m ³	50 m ³	50 m ³	50 m ³	50 m ³	500 m ³	500 m ³	500 m ³	500 m ³
Abstand der Rückegassen	20 m	20 m	20 m	30 m	20 m	20 m	8 m	8 m	8 m	8 m
Sortimentzahl	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Durchschnittliches Volumen der einzelnen Sortimente	1 (0,02m ³) 2 (0,02m ³)	1 (0,02m ³) 2 (0,02m ³) 3 (0,06m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,1m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,1m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,1m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,1m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,15m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,15m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,15m ³)	1 (0,025m ³) 2 (0,025m ³) 3 (0,12m ³) 4 (0,18m ³)
Länge der einzelnen Sortimente	1 (2 m) 2 (2 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (3 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m)	1 (2 m) 2 (2 m) 3 (4 m) 3 a 4 (4 m)
Vertretung der einzelnen Sortimente	1 (20 %) 2 (80 %)	1 (20 %) 2 (60 %) 3 (20 %)	1 (10 %) 2 (35 %) 3 (55 %)	1 (10 %) 2 (35 %) 3 (55 %)	1 (10 %) 2 (35 %) 3 (55 %)	1 (10 %) 2 (35 %) 3 (55 %)	1 (10 %) 2 (20 %) 3 (70 %)	1 (10 %) 2 (20 %) 3 (70 %)	1 (10 %) 2 (20 %) 3 (70 %)	1 (10 %) 2 (20 %) 3 a 4 (35 %)
Rückeabstand	300 m	300 m	300 m	300 m	1000 m	1000 m	1000 m	300 m	300 m	300 m
Rückeabstand auf den Rückewegen	100 m	100 m	100 m	100 m	800 m	800 m	800 m	100 m	100 m	100 m
Sortierung der Sortimente auf dem Abladeplatz	1 (5 %) 2 (5 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 (0 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 (0 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 (0 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 (0 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 (0 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 (0 %)	1 (0 %) 2 (0 %) 3 (0 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 (50 %)	1 (5 %) 2 (5 %) 3 a 4 (0 %)
Zeit der Reinarbeit (min/h)	45									
Leistungsfähigkeit des Solid F 9-Forwarders (m ³ b.k./h)	4,1	4,3	6,3	6,6	4,9	4,6	6,4	8,6	7,5	8,2
Leistungsfähigkeit des Solid F 12-Forwarders (m ³ b.k./h)	4,3	4,5	6,5	6,8	5,2	4,8	7,0	9,1	7,8	8,7

Tabelle 1: Zehn Beispiele, die Ergebnisse der Berechnungen der Leistungsfähigkeit der Forwarders darstellen in Abhängigkeit von den Bedingungen des Arbeitsplatzes

Nachteil des beschriebenen Verfahrens zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit ist es, dass die Angaben aus dem Forsteinrichtungsplan zur vorläufigen Bestimmung der Leistungsfähigkeit nicht benutzt werden können. Die Leistungsnormen der Betreiber der Forwarders sind eben laut dem Durchschnittsgewicht bei Forstnutzung erstellt. Zum Vergleich wurden Normen von zwei Betreibern (P1 und P2) der Maschinen Solid F 9 und Solid F 12 (Abb. 2) benutzt. Da zwischen dem Durchschnittsgewicht der zu nutzenden Bäume und dem Durchschnittsgewicht der zu bringenden Abschnitte eine gewisse Toleranz besteht, ist für jedes von 10 Beispielen ein bestimmtes Intervall gewählt, bei dem das Gewicht der zu nutzenden Bäume liegen konnte. Dieses Verfahren hat natürlich Wirkung auf die Spannweite in der Leistungsfähigkeit (Unter- und Obergrenze). Zum Vergleich wurden auch Prozentzuschläge der Betreiber auf Sortimentzahl, Kahlschlag und Rückeabstand herangezogen.

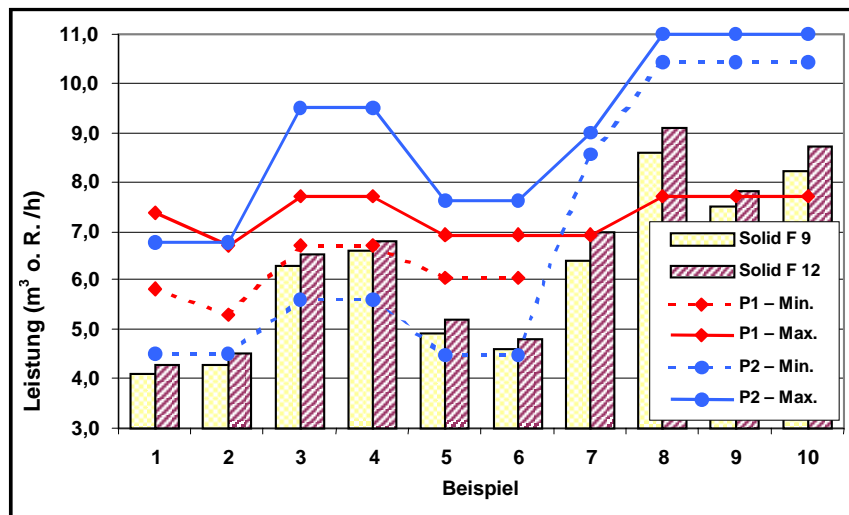


Abb. 2: Beispielen der ermittelten Leistungswerte bei Solid F 9- und Solid F 12. Forwarders laut dem vorgeschlagenen Berechnungsverfahren mit Normen der Betreiber dieser Maschinen (P1 a P2). Min. = Untergrenze, Max. = Obergrenze der Normleistung

Die anhand der Untersuchung erhaltenen Ergebnisse nähern sich am meisten der von den Harvester-Betreibern erforderten Leistungsfähigkeit im Beispiel 3, 4 und bei den Endnutzungen. Im Beispiel 1 setzt Betreiber (P1) höhere Leistungsfähigkeit aus Grund des Vorkommens nur 2 Sortimente voraus und in den Beispielen 5 und 6 reagiert der Harvester weniger auf den erhöhten Rückeabstand. Es scheint sich jedoch evidentes gesamtes niedrigeres Leistungsniveau bei dem von uns vorgeschlagenem Verfahren im Vergleich zur Leistungsfähigkeit der Harvester-Betreiber.

Ursachen hierfür können wie folgt sein:

1. Die vorgeschlagene Form der Regressionsgleichungen ist nicht zur Lösung dieses Problems am besten.
2. Die Eingabedatei von Angaben umfasst nicht ausreichendes Messungsspektrum.
3. Der Unterschied ist auf die Beurteilung des gegebenen Operators zurückzuführen.
4. Die Harvester-Betreiber rechnen mit höherer Zeitausnutzung als 45 Minuten im Rahmen einer Stunde und diese Grösse ist von grundsätzlicher Bedeutung. Soweit ein Operator von Solid F 12-Forwarder ohne jede Arbeitsunterbrechung gearbeitet habe, ist er imstande, unter den im Beispiel 8 angeführten Bedingungen je Stunde mehr als 12 m³ Holz zu bringen.
5. Die Leistungsnormen der Betreiber erfassen nicht real den tatsächlichen Zeitaufwand.
6. Die gewählten Fälle sind extrem und kommen praktisch nur selten vor. Deswegen ist es nicht notwendig, diese bei Normenkonstruktion zu berücksichtigen.

Verzerrung des Ergebnisses kann auch eine gruppenweise Baumartenmischung verursachen. Arbeitet ein Forwarder zum Beispiel in einem aus zwei homogenen Gruppen zusammengesetzten Bestand von Fichte und Kiefer, setzt die im Excel-Programm erstellte Applikation automatisch voraus, dass die Vertretung der beiden Baumarten auf der Fläche gleichmässig ist und für Aufladen einer gleichen Abschnittmenge eine längere Entfernung zu fahren ist. Die berechnete Leistungsfähigkeit liegt dann niedriger als die tatsächliche. In diesem Fall wird die Norm für homogene Bestandteile erstellt, sonst kommt es zur Verzerrung der Ergebnisse.

Aus Gründen des Messungsumfangs und des Spektrums der zu bearbeitenden Bestände wurden nicht untersucht: Einfluss des Schnees, der Geländeneigung, der guten Aussortierung der Sortimente durch Operator des Harvesters, des schlammigen Geländes und der Nachtsarbeit. Einfluss des schlammigen Geländes kann über die

gesamte gefahrene Entfernung berücksichtigt werden. Im schlammigen Gelände kommt es zum Räderrutschen und das Instrumentenbrett des Computers registriert dementsprechend höhere gefahrene Entfernung als die tatsächliche ist. Während des Aufladens ist die Fahrgeschwindigkeit unter den einzelnen Abschnittgruppen infolge des Räderrutschens niedriger und verlangsamt die Arbeit des Operators gleich wie eine kleinere Sortimentmenge je 100 m der Rückegasse, die ausser anderem auch durch den Abstand der Rückegasse beeinflusst ist. Kommt es während des Aufladens dazu, dass bei der gefahrenen Entfernung von 100 m das Instrumentenbrett des Computers Entfernung von 200 m registriert, dann ist der Zeitaufwand gleich wie bei der Herabsetzung des Abstandes der Rückegassen von 20 m auf 10 m. Mittels weiterer Untersuchung werden die Erkenntnisse der Leistungsfaktoren und deren gegenseitigen Wirkung komplexer.

Festgestellt wurde, dass die Forwarder-Leistungsfähigkeit mit der Grösse des Nutzungsvolumens je Hektar nur mässig wächst. Bei niedrigeren Forstnutzungsintensitäten ist der Unterschied in der Leistungsfähigkeit ausgeprägter (z. B. bei Solid F12-Forwarder in den Grenzen der Nutzungsintensität zwischen 50 und 150 m³/ha beträgt der Produktivitätsunterschied von 0,67 m³/h, über dieser Grenze der Nutzungsintensität beträgt der Produktivitätsunterschied nur von ca. 0,1 m³/h). Auf die Leistungsfähigkeit des Forwarders hat den grossen Einfluss die Ruckeentfernung, bei Entfernungsdifferenzen von 500 und 1000 m kann die Produktivitätsminderung des Forwarders von ca. 1,5 m³/h ausmachen.

Die Vertretung der Sortimente und deren Volumen beeinflussen die Forwarder-Produktivität: falls stärkere Sortimente mehr vertreten sind, ist die Leistungsfähigkeit des Forwarders grösser gegenüber der Oberhand der schwächeren Sortimente. Dies kann insbesondere durch den kleineren Zeitaufwand für Aufladen und Abladen t_n a t_{skl} 1 m³ geklärt werden.

Auf die Leistungsfähigkeit der Forwarders haben den starken Einfluss auch manche weiteren Faktoren, und zwar sowie den direkten als auch den indirekten: Volumen und Länge des Laderaumes, Geländebedingungen, Abstand der Rückegassen (erhöht sich die Konzentration des bei ihnen angebrachten Holzes), Arbeitsqualität des Operators des Harvesters (Abschnittlagerungsart) etc. Vergleicht man die Leistungsfähigkeiten bei Forwarders mit den Angaben, angeführt von Nordansjö (2001) für Schweden, ist es offensichtlich, dass die Leistungsfähigkeiten der Forwarders in Schweden ungefähr um etwa 30 % höher liegen als bei den inländischen Bedingungen. Zu erwähnen ist, dass der Autor weder konkrete Maschinentypen noch Sortimentation u. dgl. anführt. Bemerkenswert ist auch, dass die für Forwarders und Harvester gegenwärtig in Tschechien verwendeten Leistungsnormen für Forwarder vielmehr höhere Leistungsfähigkeit festlegen als für den Harvester, aus den Ergebnissen unserer Untersuchungen ergibt sich jedoch ein umgekehrtes Verhältnis.

Zusammenfassung

Die Leistungsfähigkeit der mechanisierten Technologien bei den Waldarbeiten beeinflussen drei grundsätzliche Faktorengruppen: Mensch – Maschine – Naturumgebung. Dabei muss die Leistungsfähigkeit der Harvester und Forwarders nicht von gleichen Faktoren abhängig sein. In der Faktorengruppe „Mensch“ ist offensichtlich, dass bei den Forwarders die Leistungsfähigkeit von der Person des Operators von grundsätzlicher Bedeutung ist, weil er einige physiologische und psychologische Voraussetzungen erfüllen und über ausreichende Erfahrung (Einarbeitung) verfügen muss. Der menschliche Faktor hängt jedoch auch mit der Qualität der technologischen Erzeugungsvorbereitung zusammen. Die Faktorengruppe „Maschine“ ist insbesondere durch die Konstruktionsausführung – Maschinentyp, Motorleistung, Reichweite des hydraulischen Auslegers charakterisiert und beim Forwarder stellen den bedeutenden Parameter Grösse des Laderaumes, Grösse und Geschwindigkeit der Greiferbewegung etc. dar. Der Faktorengruppe „Naturbedingungen“ gehören vor allem Geländecharakter, Mikrorelief, Tragfähigkeit der Bodenoberfläche, Vorliegen der Hindernisse an. Beim Forwarder sind weiter z. B. Zusammensetzung der Abschnitte (Sortimente), erzeugt durch den Harvester, Qualität deren Aussortierung entlang der Rückegasse und Ruckeabstand zu berücksichtigen.

Die durchgeführten Forschungsuntersuchungen wiesen unterschiedliche Bedeutung des Einflusses der äusseren und inneren Faktoren auf den Arbeitszeitaufwand und somit auch auf die Leistungsfähigkeit der Forwarders auf, die mit den Harvester von mittlerer Leistungsklasse bis auf 140 kW die Produktionsknoten bilden. Die präsentierten Ermittlungen gehen von zahlreichen Feldmessungen und statistischen Berechnungen aus. Trotzdem, dass man hinsichtlich deren Verschiedenheit nicht den Einfluss aller bestehenden Faktoren beurteilen kann, können die Forschungsergebnisse u. a. zur Vorstellung über bedeutende die Leistungsfähigkeit der Forwarders bestimmende Umstände dienen und bei technologischer Vorbereitung der Arbeitsstätte derart helfen, dass der Einsatz dieser Maschinen möglichst effektiv sein wird.

Literatur

Neruda, J. und Koll. (2002): Technologie und Technik für anhaltend aufrechterhaltene Waldbewirtschaftung unter Berücksichtigung der Vermögensgrösse. Forschungsbericht über Teilprojekt Nr. 3 des Teilvorhabens Nr. 3, FB Nr. CEZ MSM434100005 „Anhaltend aufrechterhaltene Wald- und Landschaftsbewirtschaftung“, MZLU Brno, 12 S.

Simanov, V. (1998): Harvestertechnologien. Bedingungen deren Betriebsausnutzung und Perspektiven weiterer Entwicklung in der Tschechischen Republik. Studie, 94 S.

Zezula, J. (1997): Grundsätze des Einsatzes der Technologien von Harvesters und Forwarders bei CZ-Forsten, S.B. Lesnická práce, 2, 57.

Der Beitrag wurde aufgrund der Ergebnisse zur Lösung des Forschungsvorhabens Nr. CEZ: MSM 434100005 „Dauerhaft aufrechterhaltene Wald- und Landschaftsbewirtschaftung. Von Konzeption zur Realisierung“ erstellt.