microbial cell

Research Article

www.microbialcell.com

Genetic make-up and regulation of the L-lysine biosynthesis pathway in *Vibrio natriegens*

Elly Straube[1], Johannes Radde[1], Thi Van Anh Tran[1], Negin Keihani Yazdi[1], Rubén Crespo Blanco[1], Ha Thanh Le[2], Cláudio J.R. Frazão[1] and Thomas Walther[1,*]

[1] Institute of Natural Materials Technology, TU Dresden, 01062 Dresden, Germany.
[2] School of Chemistry and Life Science, Hanoi University of Science and Technology, 1 Dai Co Viet, Hanoi, Vietnam.

* Corresponding author:
Thomas Walther, E-mail: thomas_walther@tu-dresden.de

ABSTRACT *Vibrio natriegens*, the fastest growing non-pathogenic microorganism known to date, has emerged as a highly promising chassis strain for synthetic biology and biotechnology applications. This study analysed the make-up and regulation of the biosynthetic pathway for L-lysine and related L-aspartate family amino acids (AFAAs) in *V. natriegens* DSM759 to provide a comprehensive basis for future metabolic engineering endeavours aiming at developing this strain into an amino acid overproducer. The compilation of automatically annotated genome sequencing data revealed the presence of gene duplicates encoding putative isozymes for multiple enzymatic reactions within these pathways. The physiological role of these isozymes was analysed via growth phenotyping of corresponding gene deletion mutants as well as enzymatic assays. We verified the presence of a previously unknown mono-functional aspartate kinase isozyme, here termed Vn.LysC2, which was shown to be insensitive to allosteric inhibition by any AFAA. In addition, functional duplicates of L-aspartate semialdehyde dehydrogenase and dihydrodipicolinate synthase enzymes were identified. RNA sequencing experiments were used to elucidate the transcriptional regulation mediated by AFAAs on both their corresponding biosynthetic pathways as well as on the global metabolism. The presence of L-lysine, L-threonine, L-isoleucine and L-methionine resulted in the transcriptional repression of their respective biosynthetic pathways. A global analysis of the transcriptional response revealed that the transcriptional response to L-lysine and L-isoleucine was characterised by a high degree of specificity (four and seven differentially expressed genes, respectively), while L-methionine and L-threonine supplementation affected the expression of a larger number of genes (37 and 60 differentially expressed genes).

doi: 10.15698/mic2026.02.867
Received originally: 27.05.2025;
in revised form: 24.10.2025,
Accepted: 06.11.2025,
Published: 03 .02.2026.

Keywords: L-lysine biosynthesis, aspartate-family amino acids, *Vibrio natriegens*, transcriptome analysis.

Abbreviations:
AFAA - L-aspartate family amino acids,
AK - aspartate kinase,
ASA - L-aspartate semialdehyde,
ASD - aspartate semialdehyde dehydrogenase,
DAP - diaminopimelic acid,
DHDPS - dihydrodipicolinate synthase,
GO - gene ontology,
LFC - log2 fold change,
SAM - S-adenosyl methionine,
UTR - untranslated region,
HD - homoserine dehydrogenase.

INTRODUCTION

Amino acids are fundamental building blocks of life, with 20 standard amino acids participating in protein synthesis [1]. While humans and animals can biosynthesize only eleven of these amino acids, the remaining nine must be obtained through diet or supplements [2]. One of these nine essential amino acids is L-lysine, a key member of the L-aspartate family amino acids (AFAAs), which also comprises L-threonine, L-isoleucine, and L-methionine [3–6]. With an estimated global market of $1.26 billion in 2023 and an expected annual growth rate of 8.2% from 2024 to 2030, L-lysine is of significant economic value [7]. It is widely used in animal feed, food and dietary supplements, pharmaceuticals, as well as cosmetics. It also serves as a precursor in the chemical industry [8]. Over the years, L-lysine production has shifted from traditional methods such as chemical

ÂÝ«È–ˆÂ˜Âs«„ »¾±Èˆ˜« –Ý„¾±¤ÝÂ˜Â È± ª˜•¾± ~Ps2U P¾ª9 «È&È˜ Z PPª&?9
»¤±Ý˜«'ˆ«'˜«ˆ¾ˆ„ »¾±„Í•ˆ¾ ÂÈÂ¾s˜¾Â•«s¤Í±¤˜ˆ«È˜æ•sÈ˜±«±'»ÍÈsÈ˜Öˆ~˜±ÂÝ«È–ˆÈ˜•'ˆ«ˆÂ˜ª
s«„ ±¾Ý«ˆ~s•Èˆ¾˜Íª '¤ÍÈÈsÈ¤•Íª¾ È–ˆÂˆ »¾±„Íˆ¾ È–2 ¤ÝÂ˜«ˆs«„ ¾ˆ¤sÈˆ„ Â »sÈ–×sÝÂ
ÂÈ¾s˜«Â÷ 2 ¤ÝÂ˜«ˆ ~˜±ÂÝ«È–ˆÂ˜Â –sÂ ~ˆˆ« ˜ ÜÖˆÂÈ˜ˆ sÈˆ ˜«'ˆ¾ˆsÈ˜ ÜÖˆÂÈ˜ˆ sÈˆ ˜«'ˆ¾ˆsÈ˜ ª•¤ÍÈ˜ª¤Â¤ª¤ÍÈ¾ª¤ÍÈ¾ª¤ÍÈ¾

È–ˆ „Í»¤˜•sÈˆÂ ±'•±¾ˆ 'ˆ«ˆÂ È ˆ«„ È± ~ˆ ¤±•sÈˆU±«¾ˆ¾ ¾ ÷ È« ±sÂ«s¤ •±«•¤ÍÂ˜±« s~±ÍÈ È–ˆ »–ÝÂ˜
~ˆˆ« –Ý»±È–ˆÂ˜â ˆ„ È–sÈ –¾ê 'Í«•È˜±«ÂsÂs«È ˆÕ ÝÂ¤ÂÂ¾ ÍÈ ˆÂ È ˜«'ˆ¾¾ˆ„ü $±×ˆÖˆ¾ ÷ È–ˆÂˆ
˜ˆ„ ˜«˜~¾˜ˆ•˜ˆÂü ˜«„˜•sÈˆ È–sÈ È–ˆ 0 s•È˜Ö˜ÈÝ ˜Â s¤Â± ˆ«•±„ˆ„

±«ÂˆÍˆ«È¤Ý÷È–ˆ Íˆ ÂÈ˜±« s¾˜ÂˆÂsÂÈ± È– ˆ«sÈ È¾˜ˆˆ«ˆ« s«„ È–sÈ ˜È ˜Â »¾ˆÂÍªs~¤Ý »¾
„Í»¤˜•sÈˆÂ ˜«'s•È ˆ«•±„ˆ 'Í«•È˜±«s¤ «âÝªÂ s«Ý È–sÈ È¾ÝÂ È ˆ ~ 'Í«•È˜±«s¤ 0 $ ˆ«âÝªÂ c«ü
¤±'˜•s¤ ¾±ˆ È–Ý»¤sÝü «s¤ÝÂ˜«'È–ˆ ±•s¤ 'c«ü8˜È±ü È È¾ ˜«ÖˆÂÈ˜'sÈˆ È–˜Â Íˆ ÂÈ˜±«
È s¾'ˆÈ 'ˆ«ˆÂ •s« »¾±Ö˜„ˆ s« ˜«˜È˜s¤ ˜«„˜•sÈ˜ª È s« È ˆ¾ È ˆÖ s È˜Ö ˜ 'Í«•È˜±«s¤ 0 $ ˆ«•±
s«„ ¾ˆ¤˜s~¤˜ÈÝ ±' È–ˆ s««±È sÈˆ„ 'ˆ«ˆ 'Í«•È˜± ¾ü •¾ È È¾˜ˆ È 2 È–¾ªˆ È 2 s«„
È–¾ˆˆ »ÍÈ sÈ˜Ö ˆªs«± 'Í«•È˜±«s¤ 0 «ÝÂ˜ È' È–˜Â¾ '¾±× È–˜ˆ–s¾s•È¾˜â ˆ„ü d–¤ˆ˜±
ì ¤±•sÈˆ„ ± –¾ È ¤ÝÂ 'Í È È È

& ZL Ö

& ZL Ö

» ¾ ˆ Â ˆ « • ˆ ±' 2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ ª s Ý ¾ ˆ „ Í • ˆ È – ˆ s • È ˜ Ö ˜ È Ý ¾ ± æ ç „ « Ö 2 Ý « â Ý ª s È ˜ • s Â Â s Ý Â Í Â ˜ « ' È – ˆ » Í ¾ ˜ æ ˆ „

s « „ ± ¾ c « ü 2 Ý Â ë ÷ ¾ ˆ Â Í ¤ È ˜ « ' ˜ « È – ˆ s ~ Â ˆ « • ˆ ± È ˜ ± « Ý s ¤ Ý È – Ö ¾ ê Í ¤ s È ˜ ± « ±' È – ˆ Â ˆ « â Ý ª Â × s Â

È – ê ý « s È ¾ ˜ ˆ ¤ Ý « Â È – ¾ ª È 2 Â È ¾ s ˜ « s « „ • ± « Â ½ Í ª ˆ È Â Ý ¾ ˜ « ' È ← Ö ˜ È ˜ ˆ Â ˜ « » ¾ ˆ Â ˆ « • ˆ ± ' È – ˆ ˆ « „ »

¤ ˜ ª È ˜ « ' I ~ ˜ ± Â Ý « È – ˆ Â ˜ Â ÷ × – ˜ • – • ± Í ¤ „ Í « „ ˆ ¾ ± ' È È – ˆ ~ ¾ s Â • ¾ Ö ˆ „ » s È – × s Ý Â ˜ ü ˆ ü 2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ ÷ 2

' ¾ ± × È – s ¾ ¾ ˆ Â È ü & È ˜ Â « ± È s « ± Ö ˆ ¤ ± ~ Â ˆ ¾ Ö s È Ã ± « ± È • s È ÷ 2 Â ˆ È – ± ˆ s È « ˆ s « „ 2 ˆ • È ± ˜ « ˆ ü

È – ˆ ˜ ¾ ± × « ~ ˜ ± Â Ý « È – ˆ È ˜ • » s È – × s Ý Â ü • ± ª ª ± « ' ' ¤ È Í ¾ ˆ ˜ ü È Ý – Â s Â • ± « æ ¾ ª ˆ „ ' ± ¾ c « ü 2 Ý Â é s « „

¾ ˆ ' Í ¤ s È ˜ ± « ˜ Â ' ˆ ˆ „ ~ s • ¢ ˜ « – ˜ ~ ˜ È ˜ ± « È s ¾ ' ˆ È ˜ « ' Ù È – ¤ æ ¾ Â È » ± ¾ Ý È ˜ È – ˆ s « « ± È s È ˜ ± « ±' È – ˆ • ± ¾

Â È ˆ » × ˜ È – ˜ « s » s È – × s Ý ÷ È – ˆ ¾ ˆ ~ Ý • ± « È ¾ ± ¤ ¤ ˜ « ˆ Â – s « „ « „ s • È È « È – ˆ » ¾ ˆ Â ˆ « • ˆ ± ' È × ± • s È s ¤ Ý È

È – ˆ ~ ˜ ± Â Ý « È – ˆ È ˜ • ¾ ± Í È ˆ ü ý ± • ¾ ± ¤ È Â È ˆ Ù « » ¾ ÷ Â « Â ˜ ª ± « ± ' Í « • È ˜ ± « s ¤ ý 0 Â È « ¾ ˜ ˆ P 8 ï Â ñ ü U – ˆ Â ˆ ¾ ˆ Â Í ¤ È Â

± ' ~ ˜ ' Í « • È ˜ ± « s ¤ 0 $ ˆ « • ± „ ˜ • ý ' È – s « ¾ Â • ý ª ˆ È 2 s ¾ ˆ s ¤ Â ± • ± « Â ˜ Â È ˆ « È × ˜ È – ± Í ¾ » ¾ ˆ Ö ˜ ± Í Â æ « „

˜ Â ¾ ˆ » ¾ ˆ Â Â „ ~ Ý 2 È – ¾ ˆ ± « ˜ « ˆ 2 ˜ Â ± ¤ ˆ Í • ˜ « ˆ ' ¾ ± × È – s Â È È ˆ ¾ ˜ ¤ ¤ Ý ˜ È È ˆ ¢ « ± • ¢ ± Í È Â È ¾ s ˜ « Â ÷ × – ˜ • – ˜ « „ ˜

¾ ˆ Â » ˆ • È ˜ Ö ˆ ¤ Ý ü „ „ ˜ È ˜ ± « s ¤ ¤ Ý ÷ • ü U – ¾ ˜ Â s ¤ ¤ ± Â È ˆ ¾ ˜ ¤ ¤ Ý ˜ È È ˆ ± „ ˆ ˜ „ Ý 0 s • È ˜ Ö ˜ È ˜ ˆ Â ÷ s Â È

2 È – ¾ ˆ ± « ˜ « ˆ s « „ È – ˆ ª ± « ± ' Í « È ˜ ± « s ¤ • ü 2 Ý Â c « ý ¤ Ý Â c « ý È – ¾ « ý ª È 2 c « ý ¤ Ý Â c « ý È – ¾ « ý ª È 2

2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ ± « ~ ± È – È – ˆ ˆ « â Ý ª s È ˜ • s « „ È ¾ ü s & ¾ • ¾ ˜ » È ˜ ± « s ¤ ¤ Ö ˆ ¤ ¾ « ý ª È 2 È s « È Â È ¾ s ˜ « „ ˜ „ « ± È ˆ Ü –

c ý « s È ¾ ˜ ˆ P 8 ï Â ñ s Â ˜ ª ˜ ¤ s ¾ ¾ ˆ ' Í ¤ s È ± ¾ Ý » s È È ˆ ¾ « s » » ˆ s ¾ Â È ± s Í s Ü ± È ¾ ± » – ˜ • » – ˆ « ' È Ý » ü & « • ± « È ¾ s Â È ÷ « ±

ˆ Ü ˜ Â È ü $ ± × ˆ Ö ¾ ÷ ˜ È ¾ ª s ˜ « Â È ± ˜ ˆ Ö ˆ ¾ ˜ æ ˆ „ ˜ ' c « ü 2 Ý Â é ë ÷ c « ü U ¾ s • ˜ ª ˆ ˜ s È ˆ s • È Ö È Ý × s Â „ È • È „ ' ± ¾ c « ü 2 Ý Â ë s « „ È – ˆ ¾ ' ±

s « „ c « ü 8 ˆ È 2 s ¾ ˆ ˜ « „ ˆ ˆ „ Â ˆ « Â ˜ È ˜ Ö ˆ È ± s ª ˜ « ± • ± « ¤ Â ˜ ± « ÷ s « „ ~ ˆ ¾ s × « ¾ ˆ ' s ¾ „ ˜ « ' È – ˆ » – Ý Â ˜ ± ¤ ±

˜ « – ˜ ~ ˜ È ˜ ± « ÷ s « „ × – ˆ È – ˆ ¾ Â Í • – ˆ ' ' ˆ • È Â ¾ ˆ Â Í ¤ È ' ¾ ± ª „ ¾ ˆ • È s ¤ ¤ ± Â È ¾ ˆ • È – Â » Í È s È ˜ Ö ˆ 0 ˆ « • ± „ • ± ± ¾ È – ˆ » Í È s È ˜ Ö

¾ ˆ ' Í ¤ s È ˜ ± « ± ' È – ˆ ˆ « â Ý ª Â s « „ ± ¾ ' ¾ ± ª È ¾ s « Â • ¾ ˜ » È ˜ ± « s ¤ ¾ ˆ » ¾ ˆ Â Â ˜ ± « ˜ Í « • È ˜ ± « s ¤ 0 $ ˆ « â Ý ª Â c « ü U – ¾ s « „ c « ü 8 ˆ

± ' È – ˆ • ± ¾ ¾ ˆ Â » ± « „ ˜ « ' ' ˆ « ˆ Â ü U ± s „ „ ¾ ˆ Â Â È – ˆ Â ÷ ¾ ˆ ' Í ¤ s È ˜ ± « ± ' È – ˆ Â ˆ È – 0 $ Â ˆ × ¤ ¤ s Â È – ˆ $ s • È ˜ Ö ˜ È Ý × s Â „ ¤ ± « Â È ¾ s

ˆ « â Ý ª Â s « „ ± ' È – ˆ ' ˆ « ˆ « È × ± ¾ ¢ × s Â ˜ « Ö ˆ Â È ˜ ' s È s È ˜ ± « È – ¤ ˆ Ö ˜ È Ý × s Â È ˜ • s Â Â s Ý Â s « „ È ¾ s « Â • ¾ ˜ » È ± ª È – ¾ È – È – ˆ ' ¾ ± × È – » – ˆ « ± È Ý » ˆ Â ± ' È – ˆ • ±

¾ ˆ Â » ˆ • È ˜ Ö ˆ ¤ Ý ü ˆ « ˆ ¤ È ± « ª È È ˜ ' È È – Â ê È – ˆ Â • ± « æ ¾ ª Â È – ˆ • ± ¾ ¾

s « « ± È s È ˜ ± « ± ' È – ˆ ˆ « • ± „ ˜ « ' ' ˆ « Â ü U – ˆ ¢ ˜ « È ˜ • ×

± ' c « ü 2 Ý Â é ÷ c « ü 2 Ý Â ê ÷ c « ü U – ¾ s « „ c « ü 8 ˆ È 2 s ¾

c ˆ ¾ ˜ æ • s È ˜ ± « ± ' È – ˆ » Í È s È ˜ Ö ˆ ˆ « â Ý ª s È ˜ • s • È ˜ Ö È ˜ ˆ Â ± ' È Ý s ¾ ˆ ¤ s ¾ ' ˆ ¤ Ý • ± ª » s ¾ s ~ ¤ ˆ È ± È – ± Â ˆ ± ' ±

2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ ~ ˜ ± Â Ý « È – ˆ Â ˜ Â » s È – × s Ý s « „ • – s ¾ s • È ¾ ˜ ¤ ¤ s È ˜ ± « ª ¥ ¶ Ãï ¤

¾ ˆ ' Í ¤ s È ˜ ± « P Í ~ Â ˆ ½ Í ˆ « È ¤ Ý ÷ È – ˆ « ~ – ˜ ~ ˜ È ˜ ± « » ¾ ± æ ¤ ˆ Â ± '

U ± ' Í ¾ È – ˆ ¾ ˆ ¤ Í • „ s È ˆ È – ˆ » – Ý Â ˜ ± ¤ ± ' ˜ • s ¤ ¾ ± ¤ ˆ Â 0 ± ˆ « È – Ý ˆ Â ± ª Ý ¾ ˆ Â s « s ¤ Ý Â ˆ „ ˜ « ¾ ˆ Â » ± « Â ˆ È ± È – ˆ

È ˜ Ö ˜ È ˜ ˆ Â ± ' » Í È s È ˜ Ö ˆ 0 ÷ 0 $ ÷ P s « „ $ I P ± « â Ý ª Â Â × 2 ¾ Ý Â ˜ « ˆ ÷ 2 È – ¾ ˆ ± « ˜ « ˆ ÷ 2 ˜ Â ± ¤ ˆ Í • ˜ « ˆ ÷

s « „ 2 ˆ • È ± ˜ « ˆ ü U – ˆ ˜ « „ ˜ Ö ˜ „ Í s ¤ s „ „ ˜ È ˜ ± « ± ‘ 2 « È – ¾ ª ± « ˜ « ± « 2 ˆ P Í » » ¤ ª ˆ « È s ¾ Ý s È s ö ˜ ' Í ¾ ˆ
˜ Â ± ¤ Í • ˜ « ˆ ÷ 2 ª È – ˜ ± « ˜ « ˆ ± ¾ 2 « ˆ Ö ± Â ± È « ± È ' Í ¾ È – ˆ ¾ ¾ „ Í • ˆ È – ˆ s • È ˜ Ö ˜ È Ý ± ‘ ˆ ˜ È – ˆ ¾ • ü U
– s „ « ± Â ˜ ' « ˜ æ • s « È ˜ « ç Í ˆ « • ˆ ± « È – ˆ ˆ « â Ý ª s È • ± s È ¾ Ö ˜ È Ý – 2 È – ¾ ˆ ± « ˜ « ˆ Â Í » » ¤ ª ˆ « È s È ˜ ± « s ¤ ±
ˆ ˜ È – ˆ ¾ c « ü 2 Ý Â é êU s « ª Ý ÷ ê P Í » » ¤ ª ˆ « È s ¾ Ý s È ˜ ½ Í ˆ « • ˆ s ¤ ˜ ' « ª ˆ « È ¾ ˆ Ö ˆ s ¤ ˆ „ È – s È • ü U – ¾ s « „ c «
˜ ' Í ¾ ˆ P ì ü $ ± × ˆ Ö ˆ ¾ ÷ È – ˆ s „ „ ˜ È ˜ ± « ± ‘ 2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ « Â ˆ ¾ È Ö ˆ s ¾ È Â ¾ ± Í ˆ Â s È » ± Â ˜ È ˜ ± « Â ë ì Í s « „ ì ë ë ÷ × –
¾ ˆ „ Í • È ˜ ± « ˜ « c « ü 2 Ý Â é „ ˆ » ˆ « „ ˆ « È 0 s • È ˜ Ö ˜ È Ý • ü U ¾ ¾ Â ˜ „ Í s Ö ¤ ˆ ˜ ˆ ˆ « s Â Â ± • ˜ s È ˆ „ × ˜ È – 2 È – ¾ ˆ ± «
s • È ˜ Ö ˜ È Ý s È í ª 8 2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ ÷ × – ˜ ¤ ˆ « ± ˜ « – ˜ ¾ ˜ Â ± ¾ È s È • ˆ ü È ± « s Â ½ Í ˆ « È ¤ Ý ÷ È – ˆ ~ s Â ˜ Â ‘ ± ¾ È – ˆ
± ~ Â ˆ ¾ Ö ˆ „ ‘ ± ¾ c « ü 2 Ý Â ê é è ë / s • È ˜ Ö ˜ È Ý ü ± ¾ ‘ È ¾ ˆ « • ˆ Í « • È ± « ¾ s ± « ˜ « ˆ Â ˆ « Â ˜ È ˜ Ö ˜ È Ý ± ‘ • ü U –
0 $ ˆ « â Ý ª ˆ Â ÷ « ± ˜ « – ˜ ~ ˜ È ˜ ± « ± ‘ c « ü 8 ˆ È 2 × s Â ± ¾ Â s ¾ Ö Â Í « • ¤ ˆ ¾ ü
s « Ý È ˆ Â È ˆ „ s ª ˜ « ± s • ˜ „ Â Í » » ¤ ª ˆ « È s È ˜ ± « ÷ × – ˆ ¾ ˆ s Â Â ˜ Â È Ü « È ¾ × ˜ È – s c ˜ ¤ ˜ s Â Ý « ê ‘ È « ˜ s Â Ý ˜ ê
s • È ˜ Ö ˜ È Ý × s Â Â ¤ ˜ ' – È ¤ Ý ¾ ˆ „ Í • ˆ „ ~ Ý 2 È – ¾ ˆ ± « È ¤ ± È È s È È s « È È È ¾ ± × × ˜ È – ± Í È s « Ý Â Í » » ¤ ª ˆ «
ðè / ¾ ˆ Â ˜ „ Í s ¤ s È È s ¤ È È Ö ˜ È Ý È Ö Í » » ¤ ª ˆ « È s ¾ Ý s È È s ' Í ¾ ˆ Ö ˜ È Ý × s Â „ ª ± « Â È ¾ s È ˆ „ ‘ ± ¾ ~ È È s ¤ « ü Â „ ˜ Â ± ª
P ì ü U – ˆ ª • – s « ˜ Â ª Â s « „ Â È ¾ Í • È Í ¾ s ¤ ¾ ˆ ½ Í ˆ ¾ ˆ « È Â È ± È Â È Í ¾ È – ˆ ¾ Â Í » » ± ¾ È È – ˆ – Ý » ± È – ˆ Â ˜ Â
˜ « – ˜ ~ ˜ È ˜ ± « ± ‘ 0 ˆ « â Ý ª ˆ Â – s Ö ˆ ~ ˆ « × ˆ ¤ „ ˆ Â • ¾ s Â × ˆ ¤ ¤ Â s Â c « ü ¤ Â Ý ê » s ¾ È ˜ • ˜ » s È ˆ ˜ « È – ˆ Â ~ ˜ ± Â
˜ « ý • s « „ ý ¤ Í È s ª ˜ • Í ¤ Í è ü U – ˆ Â ˆ « â Ý ª ˆ Â • ± ª » ¾ ˆ Ý ü c « ü Â „ é ˆ Ü – ˜ ~ ˜ È ˆ „ s « s ~ ± Í È ñ ‘ ± ¤ „ – ˜ ' – ˆ ¾ s
s • s È s ¤ Ý È ˜ • 0 „ ± ª s ˜ « s « „ s ¾ ˆ ' Í ¤ s È ± ¾ Ý „ ± ª s ˜ « s Â „ « È È ¤ « È ± Â – s È ˆ È – s « c « ü Â „ ê ü Â ˜ ª ¤ s ¾ ~
± ¾ ‘ ± Í ¾ U ª ± È ˜ ' Â ü & « È – ˆ • s Â ˆ ± ‘ ~ ˜ ‘ Í « • È ˜ ± « Ö ¤ ± Â $ Ý ± ª Â ¾ Ü ˆ „ ‘ ± ¾ È – ˆ È × ± P ˆ « â Ý ª ˆ Â ˆ « • ±
È – ˆ Ý s ¾ ˆ ‘ Í Â ˆ „ È ± s • s È s ¤ Ý È ˜ • $ „ ± ª s ˜ « ü ¤ ¤ Ý Â • È – ¾ ª ¾ s « ˜ – ˜ ü ± Â „ é s « „ c • ü Â „ ê ÷ × – ˆ ¾ ˆ c • ü Â „ é
˜ « „ È ± È – ˆ U „ ± ª s ˜ « Â s « „ È ¾ ˜ ' ' ˆ ¾ • ± « ‘ ± ¾ ª s È ˜ ± È È × È È ª Â ª ± ¾ ˆ s • È ˜ Ö ˆ È ÷ s « ˜ È Â ˜ Â ± â Ý ª ˆ
± ‘ ~ ± È – È – ˆ ¾ ˆ ' Í ¤ s È ± ¾ Ý s « „ È – ˆ • s È s ¤ Ý È ˜ • 0 „ ± ª s ˜ « s « „ s ¾ ˆ ' Í ¤ s È ± ¾ Ý „ ± ª s ˜ « s Â „ « È È ¤ « È ± Â – s È ˆ È – s « c « ü Â „ ê ü Â ˜ ª ¤ s ¾ ~
– ˜ « „ ˆ ¾ ˜ « ' • s È È s ¤ Ý Â ˜ « • ÷ s ¤ ˜ ' « ª ˆ « È Â ± ‘ È – ˆ 0 ˜ Â ± ª Ý ª ˆ Â ÷ « s È ¾ ˜ ˆ s « È – ˆ ü U – ˆ ¢ ˜ « ˆ È ˜ • » s ¾ s ª ˆ È ¾
Â ½ Í « • ˆ Â ª s Ý ˜ „ ˆ « È ˜ ' Ý • ± « Â ¾ Ö ˆ „ „ ± ª s ˜ « Â s « „ c « ü ¾ ± Ö ˆ „ é × ˆ ¾ ˆ ˜ « s Â ˜ ª ¤ s ¾ ¾ s « ' ˆ s Â ¾ ˆ » ± ¾ È ˆ „
Â È ¾ Í • È Í ¾ s ¤ ˆ Ü » ¤ s « s È ˜ ± « ‘ ± ¾ È – ˆ ± ~ Â ˆ ¾ Ö ˆ „ & « • ± ¾ È ¾ s Â È ÷ s ¤ ˜ ' « ª ˆ « È Â ± È – ˆ s • È ˜ Ö ˜ È Ý ± ‘ c « ü s » ê × s Â – s
s • ˜ „ ª ˆ „ ˜ s È ˆ „ ˜ « – ˜ ~ ˜ È ˜ ± « P Í » » ¤ ª ˆ « È s ¾ Ý s È s È È È

è è é ì í î ê í í ü é ¾ ^ ' ^ ¾ ^ « • ^ ' ^ « ± ª ^ ÷ ¾ ^ s „ • ± Í « È – Â ¤ Ý Â Ü » ¾ ^ Â Â ~ ± « ~ Â ' ± Ö ^ ¾ « ^ „ ~ Ý s 2 ¤ Ý Â ~ « ^ Â ^ « /
« ± ¾ ª s ¤ ~ Â ^ „ s « „ Â È s È ~ Â È ~ • s ¤ ¤ Ý s « s ¤ Ý Â ^ „ È ± ~ ± Â « È È • Ý È ~ ' s È ¾ ' È ¤ s È ¤ Ý Â È ¾ s « Â ¤ s È ~ ± « ~ « ~ È ~ s È ~
^ Ü » ¾ ^ Â Â ^ „ ' ^ « ^ Â ' ± ¤ ¤ ± × ~ « ' È – ^ » ¾ ± • ^ „ Í ¾ ^ « s È ~ ± È « s „ ~ ª L 9 „ È è s Ü Ý L ~ ~ ± Â × ~ È • – ^ Â s ¾ ^ L 9 ^ ¤ ^ ª ^ «
~ ' Í ¾ ^ P î ü ¤ ± • s È ^ „ ~ « í Í « È ¾ s « Â ¤ s È ^ „ ¾ ^ ' ~ ± « Â Z U L ± ' Â ± ª ^

« ~ « ~ È ~ s ¤ » ¾ ~ « • ~ » s ¤ • ± ª » ± « ^ « È s « s ¤ Ý Â ~ Â • ± « Â ¾ Â È ^ s ' ¤ ^ « È s È È ª ¾ „ ± ª s ~ « × – ~ • – ~ Â – ~ ' – ¤ Ý • ± « Â
¾ ^ » ¤ ~ • s È ^ Â ± ' È – ^ „ ~ ' ' ^ ¾ ^ « È Â Í » » ¤ ^ ª ^ « È s È ~ ± « Â • ½ Í ^ « È ~ ± s « Â Â È ¾ Í • Í È ¾ ^ s « „ s ¤ ¤ ± × Â ' ± ¾ Â » ^ • ~ æ • ª
„ ~ Â È ~ « • È • ¤ Í Â È ^ ¾ Â È – s È × ^ ¾ ^ • ¤ ^ s ¾ ¤ Ý „ ~ Â È ~ « ' Í « Â „ s s « „ ¤ ± « ¾ È – ' ¾ ^ ' Ü » ¾ ^ Â Â ~ ± « ± « È – ^ È ¾ s « Â ¤
^ « • ^ • ± « „ ~ È ~ ± « ü U – ^ ± « ¤ Ý ^ Ü • ^ » È ~ ± « È ± È – ~ Â È Â ¾ « » È s Â ± s ¤ Â ¾ Ü ^ ¤ „ ü 2 ¤ Ý Â ~ « ^ Â » ^ • ~ æ • ¾ ~ ± Â × ~ È
' ± ¾ È – ^ 2 ^ • È ± ~ « ^ Â Í » » ¤ ^ ª ^ « È ^ „ Â s ª » ¤ ^ Â ÷ × – ~ • ¤ ª « È ± ¾ „ 2 Â È Ü ÷ × ¾ ^ ~ „ ^ « È ~ æ „ s • ¾ ± Â Â „ ~ ' ' ^ ¾ ^ «
' Í ~ Â – s ~ ¤ ^ ' ¾ ± ª È – ^ ¾ ^ ' ^ ¾ ^ « • ^ Â s ª » ¤ ^ Â P Í » » ¤ ª ¾ È s ¾ ~ s s ¤ „ Ü Â ¤ ± Â È ¾ Â „ ~ ª È – ^ ¾ ^ È – ^ Ý
Í ¾ ^ P ï ü & « „ ^ „ ÷ s ª ± ¾ ^ „ ^ È s ¤ ^ „ Â È s È ~ Â È ~ • s ¤ s « ¾ ¤ Ý Â • s Â È ¾ „ Ö ^ s ¤ Z „ È – ¾ È ~ ± « Â ± ' ª Í ¤ È ~ » ¤ ^ ' ^ « Â ~ «
« ± „ ~ ' ' ^ ¾ ^ « È ~ s ¤ ' ^ « ^ Ü » ¾ ^ Â Â ~ ± « ± • • Í ¾ ¾ ^ „ ~ « È ¤ Ý Â ~ « È ± ~ ± Â È « È ~ s È Â ¤ È ¾ $ s ¾ Â » ± ¾ È ¤ È ~ » ¤ ^ Â ^
• Í ¤ È Í ¾ ^ Â P Í » » ¤ ^ ª ^ « È s ¾ Ý „ s È s ÷ ~ ' Í ¾ ^ P ð ü U ½ Í Â ± • ~ Â s ¾ Ö s ª È « È « ª s P Ý • ª » s ¾ ~ « ' È ~ ý ¤ Ý Â È L ± '
~ ^ s Â • ¾ ~ ^ „ È ± » ± ± ¾ Í » È s ¢ ^ ± ' È – ^ s ª ~ « ± s • ~ „ È « È ¢ ± s « Y Â ¾ « • ^ ± Â × ~ È • ý ^ Â ± ± y Â Í ~ È c ý ¤ • Â ± ¤ ÷ ¾ s ^
± ' ± Â ª ± È ~ • Â È ¾ ^ Â Â ÷ s Â ~ È × s Â Â Í ' ' ^ Â È ^ „ » ¾ ^ Ö c ý ± ç Ã ¤ ¢ ¾ ¾ Í 2 « ~ s ¢ ± Ý « » s ¾ s – s ª ± ¤ È ¾ ª Ö Â ^ s ¤ ^ „
~ ª » ± ¾ È ý « s ¾ s – s ª ± ¤ Ý È ~ • Í Â s – ~ ' – L 9 Â ½ Í « • ^ Â ~ ª ¤ s ¾ ~ È Ý ~ ^ È × ^ ^ « È – ^ s « s ¤ Ý
? Í ¾ s « s ¤ Ý Â ~ Â ± « È – ^ È ¾ s « Â • ¾ ~ » È ~ ± « s ¤ ¾ ^ Â P » Í » « Â ~ È ± s ¾ „ Ý ' ' Ê Z Â s « È ~ ' ' Í ¾ ^ P é ê ü Í ¾ È – ^ ¾ ª ± ¾ ^
Â ' ± • Í Â ^ „ æ ¾ Â È ± « È – ^ ~ ¾ ~ ± Â Ý « ' È ¾ ^ È ~ • » s È È – ^ × L s Ý Â Â ^ • ± « „ s ¾ Ý Â È ¾ Í « È Í ¾ ^ ± ' È – ^ Z È È L ª s È • – ^ „
s « „ × s Â È – ^ « ^ Ü È ^ « „ ^ „ È ± È – ^ ' ^ « ± ª ^ × ~ „ ^ È ¾ È « Â • ¾ « Â È ¾ Ö ^ s „ Â È ¾ Í • È Í ¾ ^ ± ' È – ^ 2 j P ^ ¤ ^ ª ^ « È ¾ ^ » ±
¾ ^ Â » ± « Â ^ È ¾ ~ ' ' ^ ¾ ^ „ ~ Ý È – ^ » ¾ ^ Â ^ « • ^ ± ' ^ ¤ ^ Ö s È È Í ¾ ^ « È « È « È « ¾ ^ s È È ± « Ö È Ý « s Ý È Ü » ¾ ^ Â Â ~ ± « ª s Ý ~ ^ ' ± Ö
± ' È – ^ ~ « „ ~ Ö ~ „ Í s ¤ ~ ' Í ¾ Â ^ ü & « ' ^ « ¾ s ¤ ÷ » ¾ ^ Â ¾ « « ^ „ ~ Ý s 2 ¤ Ý Â ~ « ^ Â ^ « Â ~ È ~ Ö ^ ¾ ~ ± Â × ± È • – ü „ „ ~
± ' 2 ¤ Ý Â ~ « ^ ÷ 2 È – ¾ ^ ± « ~ « ^ ÷ 2 ~ Â ± ¤ ^ Í • ~ « ^ s È « ¾ s 2 ª • Z ~ » È ± « ~ ý „ È » È È ' ' È « ± ¾ • ý È Ý Â ø • ý s Â „ ø
¾ ^ Â Í ¤ È ^ „ ~ « È ¾ s « Â • ¾ ~ » È ~ ± « s ¤ ¾ ^ » ¾ ^ Â Â ~ ± « ± ý È » ¾ ø ¾ ø ¾ ø ¾ Â È ¾ 2 « ¤ Ý « Â ~ « ^ È ¾ s « Â » ± ¾ È ^ ¾ ^ « • ±
~ ~ ± Â Ý « È – ^ È ~ • » s È – × s Ý Â ÷ s Â ~ È × s Â ý ¾ ± ¤ ± ¾ È ý ¤ Ý Â È ~ ± È ¾ s È ^ „ ~ Ý È – ^ È ¾ s « Â • ¾ ~ » È È ~ ± « s ¤ ¾ ^ ' Í
s « „ ý ' ¤ Í È s ª • Í ª È ü U – ^ 0 ¾ ^ s • È ~ ± « ~ Â È – ^ ^ « È ¾ « Ý ~ « ± « 2 ¤ Ý Â ~ « ^ È ± ¾ ' I ÷ » ¾ ^ Ö « È Â s • È ~ Ö s È ~ ±
~ « È ± È – ^ » s È – × s Ý Â s « „ × s Â ' ± Í « „ È ± ~ ^ 2 ¢ ^ ± È Â » ± È – ~ Â ª s Ý ~ ^ È – ^ • s Í Â ^ ' ± ¾ È – ^ – ¾ ^ ± ~ Â ^ ¾
± ' È ¾ s « Â • ¾ ~ » È ~ ± « s ¤ ' ¾ ^ Í ¤ s È ± « 2 ¤ Ý Â ~ « ^ s ¤ È ~ ± « ý „ s » « » ¾ ^ Â ^ « • ^ ± ' 2 ¤ Ý Â ~ « ^ ü
2 È – ¾ ^ ± « ~ « ^ • s Í Â ^ „ Â È s È ~ Â È ~ • s ¤ ¤ Ý Â ~ ' « ~ æ • s « È & ¾ ^ ± ¾ È Â È « 2 ' È È – ¾ ^ ± « ~ « ^ ÷ 2 ~ Â ± ¤ ^ Í • ~ « ^ s « „
ª ± « ± ' Í « • È ~ ± « s ¤ 0 ^ « • ± „ c « ý ¤ Ý « Â 2 ê = + ë ü ñ î ' ^ • È ^ „ È – ^ ^ Ü » ¾ ^ Â Â ~ ± « ± ' s ¤ s ¾ ' ^ ¾ Â ^ È ± ' ' ^ « Â ü
s « „ 2 = + è ü ì ì ÷ 2 ~ Â ± ¤ ^ Í • ~ « ^ s « „ 2 ª ^ È – ~ ± « ~ « ^ È Â ~ ¾ « ~ « ª s « È ¤ Ý 2 ~ Â ± ¤ ^ Í • ~ « ^ • s Í Â ^ „ ¾ ^ » ¾ ^ Â Â ~ ± « ±
¾ ^ » ¾ ^ Â Â ^ „ È – ^ ~ ' Í « • È ~ ± « s ¤ 0 $ c « ý È ± ¾ ' È ^ ¾ ^ ± « ~ « ^ ~ ~ ± Â Ý « È – ^ È ~ • » s È – c « s Ý È ÷ 2 ª Thr » ¾ ~ Â ~ « ' ±
2 = + è ü î ë s « „ 2 + è ü í ê ü „ „ ~ È c ± « ý ¤ Ý « Â ê = + è ü ê í s « Ile 2 = + è ü î ë « ý È – 2 ¼ Thr = + è ü é ê s « Ile 2
È – ^ Â ^ • ± « „ ~ ~ ' Í « • È ~ ± « s ¤ 0 $ ^ c « ý ª È 2 ¾ ^ = + è ü ì ñ s « ý È – 2 ¼ Thr # + è ü ë ð s « Ile 2 + è ü í ï ÷ s ¤ ~ ^ ~ È
„ ~ ' ' ^ ¾ ^ « È ~ s ¤ ¤ Ý Í » ¾ ^ ' Í ¤ s È ^ „ Í « „ ^ ¾ 2 è ü È ð ~ ± « ~ « c × ¾ ^ ' Í ¤ s È c « ý È ¾ « ¾ „ c « ý È ^ Ü » ¾ ^ Â Â ~ ± « × s Â « ± È Â È
± ¾ 2 È – ¾ ^ ± « ~ « ^ é ü 2 í Â Í » » ¤ ^ ª ^ « È s È ~ ± « ÷ ¾ ^ Â È ~ Â È ~ Ö s ¤ Ý Ü Ý Â ~ ' « ~ æ • s « È ~ « È – ^ • s Â ± ' 2 È – ¾ ^ ± « ~ «
& « È ^ ¾ ^ Â È ~ « ' ¤ Ý ÷ È – ^ ^ Ü » ^ ¾ ~ ª ^ « È s ¤ ¤ Ý • ± « æ ¾ ª ¾ „ ¾ ± ¤ « ¾ È ¾ ^ ¾ ^ s ¤ Â ± ¾ ^ » ¾ ^ Â Â ^ „ ~ Ý 2 È – ¾
0 ^ « • ± „ ~ « ' ' ^ « c « ý ¤ Ý Â « ë È – ^ ^ ¤ Í Â « Ö ¤ Ý Â « ^ s « „ 2 ~ Â ± ¤ ^ Í • ~ « ^ ü U – ^ ^ ' ' ^ • È ~ Â ª ^ „ ~ s È ^ „ ~ Ý ¾ ~ ± Â ±
~ ± È – ^ Â • s » ^ „ È ¾ s « Â • ¾ ~ » È ~ ± « s ¤ ¾ ^ ' Í ¤ s È ~ ± « È ¾ s « Â • ¾ ~ » È ~ ± « s ¤ s È È ^ «
s ª ~ « ± s • ~ „ Â ü $ ± × ^ Ö ^ ¾ ÷ ~ È Â – ± Í ¤ „ c « ý « ¤ Ý È Â „ È – ~ Â È – s ± Â ¾ „ ± « s Â » ^ • ~ s ¤ ¤ ^ s „ ^ ¾ Â ^ ½ Í « • ^ Í » Â È ¾ ^ s ª ±
s Â × ¤ ¤ s Â ' ± ¾ È – ^ 2 ^ • È ± ~ « ^ ~ ~ c « Â Ý « È – ~ Â È ~ Â È ' È Í ¾ Â ÷ ¤ ' ^ « × – ~ • – ^ « • ± „ ^ Â s Â – ± ¾ È » ^ » È ~ „ ^ • ± « Â ~ Â È
¤ ± × s ~ Â ± ¤ Í È ^ ¾ ^ s „ • ± Í « È Â × ¾ ^ ª ^ s Â Í ¾ ^ „ ¤ ^ Â • Â „ È ± « Â « È È U Í 8 • ± « È ¾ ± ¤ ¤ ~ « ' s ª ~ « ± s • ~ „ Â s « „ s ¾ ^
Â ^ ^ P Í » » ¤ ^ ª ^ « È s ¾ Ý „ s È s ÷ ~ ' Í ¾ ^ P ñ Â Í ' ' ^ Â È ~ « ' s Z ~ ¾ ^ Â Â ª ± « ' s Â È ª s « „ ¤ ± ± » Â ^ • ± « „ s ¾ Ý L 9
È – ^ × – ¤ « ý ^ • È ê ê ¤ ± » Â ¾ ± « Í « „ ^ ¾ s ¤ ¤ È ^ Â È ^ „ ª s ~ « Â Í ' æ • ~ ^ « È ¾ ^ Â » ^ • È ~ Ö ^ s ª ~ « ± s • Ý ¤ È L 9 Â s ¾ ^
s • ~ „ Â Â Í » » ¤ ^ ª ^ « È s È ~ ± « • ± « „ ~ È ~ ± « Â ü ~ Ö ^ « È ¾ ~ ± Â Ý « È ~ ± s ¤ È – ¾ ± Í ' – È – ^ ¤ ^ s „ ¾ Â ^ ½ Í « • ^ ¤ ^
¾ ± ¤ ^ ± ' 2 ^ • È ± ~ « ^ s Â s • ± ª » s È ~ ~ ¤ ^ Â ± ¤ Í È ^ × – ~ ± ¾ ª s È ~ Â Ý « È s ~ È Â ª « s È ± ¾ – s ~ ¾ » ~ « Â È ¾ Í • È Í ¾ ^ ÷ È
~ Â È Ý » ~ • s ¤ ¤ Ý ~ « „ Í • ^ „ Í « „ ^ ¾ ± Â È È È

& Z L Ö Ü » ¾ ˆ Â Â ˜ ± « ¤ ˆ Ö ˆ ¤ Â ± ' È – ˆ ' ˆ « ˆ Â ˜ ª » ¤ ˜ • s È ˆ „ ˜ « È – ˆ 2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ s « „ ¾ ˆ ¤ s È ĉ ý « s È Â ¾ ˜ ˜ ± Â « Ý Â « È ¾ ˜ Â « ˜ Â • s È È Â × s Y
Â È ¾ ˆ « ' È – ± ' È – ˆ ¤ ± ' ê ' ± ¤ „ • – s « ' ˆ 2 ± ' ' ˆ « ˆ ˆ Ü » ¾ ˆ Â Â ˜ ± « ¤ ˆ Ö ˆ ¤ Â ' ± ¾ ˆ s • – Â Í » » ¤ ˆ ª ˆ « È s È ˜ ± « • ± « „ ˜ È ˜ ± « 2 ¤ Ý Â
2 ª ˆ È – ˜ ± « ˜ « ˆ 8 ˆ È s « „ 2 ˆ • È ± ˜ « ˆ • È • ± ª » s ¾ ˆ „ È ± È – ˆ ¾ ˆ ' ˆ ¾ « • ˜ • ' ± ¾ „ ˜ È È ± s « ¤ ¤ « Ý ± Â Ü » ¾ ¤ Â ª Â « „ È ' ˆ « ˆ Â Â ü

& Z L Ö ˜ ˆ ¾ s ¾ • – ˜ • s ¤ • ¤ Í Â È ˆ ¾ ˜ « ' ± ' „ ˜ ' ' ˆ ¾ ˆ « È ˜ ü s ¤ ¤ Ý È ˜ Ü s » ¾ ± ' Â ' Â « ˆ „ Â ˆ È « – s È ª ˆ ˆ È „ È (– ê ü ¾ ˜ È « ¾ : g s ê : ˜ « s È ¤ ˆ s Â È
± « ˆ Â Í » » ¤ ˆ ª ˆ « È s È ˜ ± « • ± « „ ˜ È ˜ ± « 2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ 2 Ý Â ÷ 2 È – ¾ ˆ ± « ˜ « ˆ U – ¾ ÷ 2 ˜ Â ± ¤ ˆ Í • ˜ « ˆ & ¤ ˆ ÷ 2 ª ˆ È – ˜ ± « ˜ « ˆ 8 ˆ È
È ¾ s « Â ' ± ¾ ª ˆ „ • ± Í « È Â s • ¾ ± Â Â s ¤ ¤ Â s ª » ¤ ˆ Â • ¤ Í ª « Â × ˆ ¾ ˆ â È ¾ s « Â ' ± ¾ ª ˆ „ s « „ Â Í ~ Â ˆ ½ Í ˆ « È ¤ Ý • ¤ Í Â È ˆ ¾ ˆ „ – ˜ ˆ ¾ s
s ¾ ˆ ¤ s ~ ˆ ¤ ¤ ˆ „ × ˜ È – È – ˆ • ± ¾ ¾ ˆ Â » ± « „ ˜ « ' ' ˆ « ˆ « s ª ˆ s « „ ' ˆ « ˆ » ¾ ± „ Í • È ü

È – ˆ ý • ± È ˜ ¾ ª ˜ « s È ± ¾ Â È ¾ Í • È Í ¾ ˆ ÷ × s Â ¢ ý ˆ « È ˜ æ ˆ » ¾ ˜ Â È ˆ « ˜ « ˆ È ' – 2 È – ¾ ˆ ± « ˜ « ˆ s « „ 2 ˜ Â ± ¤ ˆ Í • ˜ « ˆ ª s Ý ~ ˆ • ±
È ¾ ˜ ˆ ' ˆ « ¤ Â È „ – ¾ Â ½ Í ˆ « • ˆ ü U ± ' ˆ È – ˆ ¾ ÷ È – ˆ Â ˆ ± ~ Â ¾ ¾ Ö ± s Â È ˜ ª ± « ª Â ˆ Â ˜ Í s È ˆ „ È ¾ s « Â • ¾ ˜ » È ¢ ý « s ¤ È s È È ' ˆ « Í Â s È ˜ ±
' ˆ Â È È – s È È – ˆ ¾ ˆ „ Í • ˆ „ ˆ Ü » ¾ « ˆ ý Â È Â – ¾ ± « » ± ¾ È ± « ˆ ˜ « È – ˆ P 8 ï í ñ ˜ « s ª s « « ˆ ¾ Â ˜ ª ¤ s ¾ È ± È ý s È ü ± ˜ Â ˆ ¾ Ö ˆ „ ˜ «

& Z L í Ö P Í ª ª s ¾ Ý ± ' ± ~ Â ˆ ¾ Ö ˆ „ È ¾ s « Â • ¾ ˜ » È ˜ ± « s ¤ s « „ ˆ « â Ý ª s È ˜ • ¾ ˆ ' Í ¤ s È ˜ ± « ± ' È – ˆ 2 ¤ Ý Â ˜ « ˆ s « „ ¾ ¤ s È ˆ „
« s È ¾ ˜ ˆ ü ¤ Ý ¾ s « Â • ¾ ˜ » È ˜ ± « s ¤ s • È ˜ Ö s È ˜ ± « „ s Â – ˆ „ ¤ ˜ « ˆ ÷ s ¾ ¾ ± × Â s « „ ¾ ˆ » ¾ ˆ Â Â ˜ ± « „ s Â – ˆ „ ¤ ˜ « ˆ ÷ U ~ s ¾ s Â × ˆ ¤
¤ ˆ Ö ˆ ¤ Â ± ¤ ˜ „ ¤ ˜ « ˆ ÷ U ~ s ¾ s ¾ ˆ Â – ± × « ü U – ˆ ¤ ˜ « ˆ • ± ¤ ± Í ¾ ˜ « „ ˜ • s È ˆ Â È – ˆ ¾ ˆ Â » ˆ • È ˜ Ö ˆ s ª ˜ « ± º s • ˜ « „ ˜ • s È ˜ « ˜ ' s È ˆ Â ± ~ Â ˆ
× – ˆ ¾ ˆ È – ˆ ˆ « â Ý ª ˆ × s Â ± « ¤ Ý Â ¤ ˜ ' – È ¤ Ý ˜ « – ˜ ~ È ˆ „ ÷ ¾ ˆ È s ˜ « ˜ « ' s » » ¾ ± Ü ˜ ª s È ˆ ¤ Ý ð è / ± ' ˜ È Â s • È ˜ Ö ˜ È Ý ü

U – ˆ » ¾ ˆ Â ˆ « • ˆ ± ' 2 ª ˆ È – ˜ ± « ˜ « ˆ È ¾ ˜ ' ' ˆ ¾ ˆ „ È ¾ s « Â • ¾ ˜ » È ˜ ± « ˜ « ˆ „ ˆ ¾ ˜ Ö ˆ „ • • ¾ ˆ È ¾ ˆ Â Â ± ¾
„ ± × « ¾ ˆ ' Í ¤ s È ˜ ± « ± ' s ¤ ª ± Â È s ¤ ¤ ' ˆ « ˆ Â ˜ » ¤ ˜ • s È ˜ « „ ˜ « ¾ È • È ¤ Ý ¾ ˆ ' Í ¤ s È ˆ „ ~ Ý P 8 8 ˆ È / ÷ × – ˜ • – ˜ « È
ª ˆ È – ˜ ± « ˜ « ˆ ~ ˜ ± Â Ý « È – ˆ È ˜ « » s È È 2 s ¥ ÷ + è ü î ü ñ ÷ È ¾ s « Â s • È ˜ Ö s È ± ¾ ý 8 È È 1 « „ ± ' • ý ª ˆ È È ¾ s « Â • ¾ ˜ » È ˜ ± « ü
È – ˆ « ý ª ˆ È ± 2 ˆ ¾ ± « = 2 + è ü î é s « „ + è ü « ý è ˆ È 2 P 8 8 ˆ È / ~ ˜ « „ Â È ± Â » ˆ • ˜ æ • ¾ ˆ È ± « ˆ Â » ¾ ± ª ± È ˆ ¾ Â ÷
= + è ü ë ñ « ý ª ˆ È ê 2 ë = + í ü ê è s « „ + ï ü « ý ª ˆ È 3 È ˆ ¾ ª ª „ ˆ È ~ ± Ü ˆ Â ˜ ü s 9 s Â ˆ ' ± ± È » ¾ ˜ « È ˜ « ' s « „ Â ˆ ½ Í ˆ «
= + è ü î ð s « ý ª ˆ È 2 0 = + è ü ê ë Â È s È ˜ Â È ˜ • s ¤ Â ˜ ' « ˆ æ s s ¥ • Â ˜ « Â ± È s « ˆ ˜ ' – È ~ s Â ˆ • ± « Â ˆ « Â Í Â Â ˆ ½ Í ˆ « • ˆ
' ˜ Ö ˆ « ' ± ¾ s ¤ ¤ ' • s ¾ Â ˜ ª ¤ ¥ « • ± ¤ È – ˆ ¾ ˆ » ¾ ˆ Â Â • ˜ ª ± È ' s ¤ È – ª ˆ È ~ ± Ü ˆ Â × s Â ˜ „ ˆ « È ˜ æ ý ˆ „ ± ¤ × ˜ ª È È ˆ Â ' ˆ « ˆ ¾ s ¤ ¤ Ý
' ˆ « ˆ Â ÷ ˆ Ü • ý È È ˜ $ Â s È È ¾ ˜ ~ Í È ˆ „ È ± È – ˆ s • È ˜ ± « ± – È Ö ˜ ¾ ' ˆ È ¾ ± Â Â æ Ö ˆ • ± È – È ˜ Ü Í ˆ ½ Í Â ð ü $ ˆ ¾ ˆ ÷ È – ¾ ± Í ' –