

Φυσική θεωρία του χρήματος και ολοκληρωμένη ανάπτυξη

Γ. Καρακατσάνης, Οικονομολόγος

Υποψήφιος Διδάκτωρ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Περίληψη

Η εργασία εξετάζει, αναδιατυπώνει και επιχειρεί να προσαρμόσει στα σύγχρονα δεδομένα την θεωρία του χρήματος που αναπτύχθηκε στο έργο του αναρχικού οικονομικού φιλοσόφου Silvio Gesell (1916)· εντός μιας *θερμοδυναμικής* θεώρησης, η οποία διέπει κάθε τεχνική διαδικασία μετασχηματισμού των φυσικών πόρων σε οικονομικά αγαθά (Georgescu-Roegen 1971). Από την αντιπαραβολή της εν λόγω θεωρίας και της επικρατούσας (μονεταριστικής) πρακτικής, προτείνεται κάποιος δομικός ανασχεδιασμός της σύγχρονης χρηματοοικονομικής αρχιτεκτονικής, ώστε να εναρμονίζεται –τουλάχιστον στοιχειωδώς- με θεμελιώδεις φυσικούς νόμους και διεργασίες. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι εφόσον η πρακτική δημιουργίας του χρήματος παραβιάζει τεχνητά τον *Δεύτερο Νόμο της Θερμοδυναμικής* –στον οποίο υπάγονται όλοι οι υλικοί μετασχηματισμοί- δημιουργούνται εξ αρχής οι βασικές προϋποθέσεις για την μετατροπή μιας χρηματιστηριακής κρίσης σε οικονομική και περαιτέρω σε περιβαλλοντική (Odum 1974). Ιδανικά, το χρήμα θα πρέπει να αποτυπώνει τον ανταλλάξιμο υλικό πλούτο της κοινωνίας· συνεπώς και την θερμοδυναμική απαξίωση των υλικών αγαθών, μέσα από την *διαχρονική αφαίρεση αγοραστικής αξίας*. Σ' αυτό το πλαίσιο, η αναπαραγωγή της ποσότητας του χρήματος περνά πάντα μέσα από την ανανέωση της υλικοτεχνικής βάσης της οικονομίας. Αντίθετα, όταν το χρήμα αναπαράγεται μονάχα μέσα από την μεταπρατική χρηματιστηριακή σφαίρα, υπάρχει κίνητρο για την συσσώρευση *οκνηρού χρήματος* (lazy money) που κυρίως είναι πληθωριστικό. Περαιτέρω, η εν λόγω θεωρία στοχεύει στο να συνεισφέρει σημαντικά στην *ολοκληρωμένη ανάπτυξη*, δια της τεκμηρίωσης της ανάγκης διαρκούς επένδυσης ενός κλάσματος της συνολικής ποσότητας χρήματος στην έρευνα και εφαρμογή τεχνολογιών βελτιωμένης θερμοδυναμικής απόδοσης των υλικών μετασχηματισμών της οικονομίας.

Λέξεις-Φράσεις Κλειδιά: χρήμα, θερμοδυναμική, διαχρονική αφαίρεση αγοραστικής αξίας, οκνηρό χρήμα, ολοκληρωμένη ανάπτυξη, επένδυση, τεχνολογία

Εισαγωγή

Η πλειονότητα των διεθνώς εφαρμοζόμενων συνδυαστικών πολιτικών περιβάλλοντος και ανάπτυξης¹ δεν λαμβάνουν υπόψη την δυναμική της χρηματοοικονομικής κυκλοφορίας εντός των ανθρώπινων κοινωνιών και πως αυτή δύναται να συνεισφέρει μέσα από μια ιδιαίτερα περίπλοκη –και συνήθως θολή εννοιολογικά- τοπολογία, όχι μόνο στην δημιουργία των προϋποθέσεων για την εκκίνηση μιας οικονομικής κρίσεως, αλλά και στην δημιουργία –ή επιδείνωση μιας υφιστάμενης- περιβαλλοντικής. Η εν λόγω εργασία εκκινεί από την υπόθεση ότι τέτοιες πολιτικές είναι εξαιρετικά πιθανόν να οδηγηθούν σε αποτυχία, διότι παρόλο που εστιάζουν –συνήθως ορθά- στην ανάγκη αναμόρφωσης των προτύπων μετασχηματισμών των φυσικών πόρων σε βιομηχανικά (οικονομικά) αγαθά, τείνουν να αγνοούν τον τεράστιο βαθμό

¹ Προκειμένου να περιγράφονται σύντομα και συνεκτικά οι συνδυασμένες πολιτικές θεμάτων περιβάλλοντος και ανάπτυξης, στην διεθνή βιβλιογραφία γίνεται κατά κόρον χρήση του όρου *sustainable development*, ο οποίος έχει μεταφερθεί στα ελληνικά ως *αιετόροσ ανάπτυξη*. Κρίνεται σκόπιμο ωστόσο, να σημειωθεί πως δεν αποτελεί ταυτόσημο όρο με την *ολοκληρωμένη ανάπτυξη* (integrated development), η οποία συμπεκνώνει την ιδέα μιας ολιστικής θεώρησης της φυσικής και κοινωνικής ανάπτυξης. Ως εκ τούτου, η *αιετόροσ ανάπτυξη* δεν αποτελεί συγκρουσιακή έννοια προς την ολοκληρωμένη ανάπτυξη, αλλά μάλλον υποσύνολό της. Η εργασία συνίσταται στην ανάδειξη συστημάτων χρήματος που είναι συμβατά με την ιδέα της *ολοκληρωμένης ανάπτυξης*.

ετεροπροσδιορισμού τους από την δυναμική της αγοράς χρήματος. Συγκεκριμένα, η ιστορική σημασία της *Μεγάλης Υφέσεως* (Great Depression) του 1929 συνίσταται –πολύ περισσότερο από την θεμελίωση των συνθηκών για την μετέπειτα έναρξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου στην σαφή σηματοδότηση της *αλλαγής φάσεως* του διεθνούς οικονομικού συστήματος, όπου πλέον η διεθνής χρηματιστηριακή σφαίρα θα καθόριζε τα ποσοτικά, ποιοτικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά της παραγωγικής (πραγματικής) οικονομίας κι όχι το αντίθετο. Πράγματι, η μεγάλη ύφεση δεν ξεκίνησε να αντιστρέφεται, παρά μόνο μετά την σχεδόν πλήρη παράδοση του δικαιώματος παραγωγής των κανόνων νομισματικής κυκλοφορίας στις –μη κοινωνικά ελεγχόμενες- κεντρικές τράπεζες που εύσχημα ονομάστηκε *New Deal*. Πλέον, η απόφαση του τι θα παραγόταν, πόσο αλλά και που στον πλανήτη θα καθοριζόταν πρωταρχικά από τους δρώντες που είχαν το *αποκλειστικό δικαίωμα να καθορίζουν τι αποτελεί χρήμα* (κι όχι απλά από τους κατόχους μεγάλης ποσότητάς του, όπως γίνεται –συχνά- εσφαλμένα αντιληπτό).

Η αναγνώριση των κινδύνων της ιδιωτικής μονοπώλησης της σύγχρονης αγοράς χρήματος είχε γίνει αντιληπτή από πολλούς στοχαστές του 19^{ου} αιώνα. Ωστόσο, μπορεί να ειπωθεί πως τεκμηριώθηκε συστηματικά από τον αναρχικό οικονομικό φιλόσοφο Silvio Gesell με το έργο του *The Natural Economic Order (Η Φυσική Οικονομική Τάξη)* που κυκλοφόρησε το 1916. Ο Gesell, δεν έθεσε μονάχα τα πολλαπλά θεωρητικά θεμέλια για την βέλτιστη κοινωνικά χρηματοοικονομική αρχιτεκτονική, αλλά και εφάρμοσε σε πολλές περιπτώσεις τις ιδέες του με επιτυχία. Περαιτέρω, οι ιδέες του είχαν σημαντική διαχρονική απήχηση -ακόμα και στο αποκορύφωμα της Μεγάλης Ύφεσης- με γνωστότερη την περίπτωση του πεδινού αυστριακού χωριού Wörgl που στην τοπική του κλίμακα κατάφερε να αντιστρέψει πλήρως την ύφεση σε *άνθηση*. Δεδομένου ωστόσο, ότι στην εργασία αναγνωρίζεται πως το κύριο μειονέκτημα της θεωρίας του Gesell είναι η έλλειψη ιστορικού εφαρμογής σε μεγάλες οικονομικές κλίμακες, γίνεται αντιληπτό ότι η προσεκτική μελέτη και θεωρητική προσαρμογή των ιδεών του Gesell στην ιδέα της *ολοκληρωμένης διεθνούς ανάπτυξης* κρίνεται πιο επίκαιρη από ποτέ.

1. Τι είναι το χρήμα

Το *Χρήμα* δεν είναι τίποτε περισσότερο από μια σύμβαση μεταξύ των μελών μιας κοινωνίας. Από την στιγμή που οι άνθρωποι διαβιούν σε κοινωνίες παράγοντας οικονομικά αγαθά για την επιβίωση, ευημερία και περαιτέρω εξέλιξή τους, το χρήμα μπορεί να θεωρηθεί γενικά *ως το κοινωνικά αποδεκτό μέσο ανταλλαγής των παραγόμενων οικονομικών αγαθών*. Το χρήμα μπορεί να λάβει οποιαδήποτε μορφή, αρκεί να είναι αποδεκτό ως μέσο ανταλλαγής από τα άτομα μιας κοινωνίας. Ιστορικά, η έννοια του χρήματος εξελίσσεται διαρκώς, αντανακλώντας με σαφήνεια τις ιδιαίτερες ανάγκες της κοινωνίας σε κάθε εποχή. Για παράδειγμα, η ιδιαίτερα περιορισμένη οικονομία του άνθρωπου-τροφοσυλλέκτη-κυνηγού συνίστατο στην εξασφάλιση της καθημερινής απαραίτητης σωματικής δύναμης προκειμένου να συντηρείται η ατομική του ενεργειακή μηχανή. Μεταξύ των διαφόρων επιλογών του, ήταν συγκεκριμένου είδους πέτρες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικότερα από μια σφενδόνη, κόκκαλα ως αιχμές δοράτων –τα οποία ωστόσο είχαν και οικονομική αξία ως περιορισμένα, εφόσον θα έπρεπε να προέλθουν από επιτυχημένα κυνήγια και περαιτέρω επεξεργασία που απαιτούσε πρόσθετη δαπάνη ενέργειας- παχιά δέρματα για μείωση της απώλειας σωματικής θερμότητας όταν ο καιρός δεν θα ευνοούσε για αρκετές ημέρες την κυνηγετική προσπάθεια, ξηρά τροφή όταν το κυνήγι θα ήταν αποτυχημένο -αλλά το σώμα θα έπρεπε παράλληλα να αποκαταστήσει την δαπανηθείσα ενέργεια και να συντηρηθεί- κλπ.. Ασφαλώς, τα παραπάνω αγαθά κατανέμονταν ταυτόχρονα, ωστόσο με μεταβαλλόμενες αναλογίες χρονικά -αναλόγως των ιδιαίτερων επικρατούντων συνθηκών. Στις πρώιμες αγροτικές οικονομίες με παραγωγή διατροφικών πλεονασμάτων, την μείωση της αβεβαιότητας της καθημερινής επιβίωσης και την σταθεροποίηση του πληθυσμού, τον ρόλο του χρήματος ανέλαβαν τα αγροτικά προϊόντα

–μέσω αντιπραγματισμού των πλεονασμάτων. Άλλο σχετικό παράδειγμα, αφορά στο χρήμα των αιχμαλώτων πολέμου του Β΄ ΠΠ, το οποίο συνίστατο σε ξυριστικά είδη, ρούχα, μολύβια, χαρτί, τσιγάρα κ.λπ.. Κατ’ αυτόν τον τρόπο ως χρήμα έχουν χρησιμοποιηθεί φυτά, ζώα, ξηρά τροφή, πέτρες, κόκκαλα, μέταλλα κ.λπ.. Στην σύγχρονη εποχή, οι έννοιες που συνοψίζουν το χρήμα ακριβέστερα –εξαιτίας της μεγάλης χώρο-χρονικής κλίμακας της διεθνούς οικονομίας (χώρος και χρόνος που απαιτούνται για την παραγωγή)- είναι η *πίστη* (credit) και το *χρέος* (debt). Σύμφωνα με τα παραπάνω, κατά την ιστορική μετάβαση των συστημάτων χρήματος, αν έπρεπε να αναγνωρίσουμε εκείνο το στοιχείο που ορίζει τον γενικό κανόνα μετάβασης από τις πρώιμες κοινωνίες έως σήμερα, αυτό θα ήταν η ολοένα και πιο εντατική αποσύζευξη των μέσων που χρησιμοποιούνται ως χρήμα από την καθαυτή ή *εσωτερική αξία* τους (intrinsic value) –αλλιώς η αύξανόμενη *αποϋλοποίηση* (dematerialization) του χρήματος- που ορίζεται από τις ήδη αναγνωρισμένες φυσικές ιδιότητές τους να χρησιμοποιηθούν απευθείας για την παραγωγή οικονομικών αγαθών, αντί ως μέτρων της εμπορευσιμότητάς τους.

1.1 Το χρήμα, η φωτιά και ο τροχός...

Δίχως δόση υπερβολής, το χρήμα θα πρέπει να θεωρηθεί ανθρώπινη εφεύρεση εφάμιλλη με τον τροχό και την φωτιά. Μάλιστα, δεν είναι γνωστό αν τα δύο τελευταία προηγήθηκαν του χρήματος ή αν η εφεύρεσή του αποτέλεσε το προϊόν του κινήτρου για την απόκτηση κάποιου εξαιρετικά επιθυμητού αγαθού που είχε ήδη αποκτήσει την ιδιότητα του χρήματος. Σε κάθε ενδεχόμενο πάντως, και οι δύο ανακαλύψεις είχαν καθοριστική επίδραση στην πρωτόγονη νομισματική μονάδα του ανθρώπου –το ίδιο του το σώμα. Σύμφωνα με την Pennisi (1999), η χρήση φωτιάς επέτρεψε το μαγείρεμα των τροφών που εν συνεχεία οδήγησε στον βελτιωμένο μεταβολισμό της πρωτεΐνης από τον ανθρώπινο εγκέφαλο, ώστε αυτός να μεγεθυνθεί και να εξελιχθεί με αύξοντα ρυθμό προς μεγαλύτερη στρατηγική κυνηγετική αποτελεσματικότητα. Η διαρκής ανατροφοδότηση αυτού του κύκλου οδήγησε σε μια αναβάθμιση του μέσου διανοητικού επιπέδου των πρωτόγονων κοινωνιών και σε μια συλλογική μετάβαση προς τις πρώιμες αγροτικές κοινωνίες –που ήταν σαφώς πιο πολύπλοκες από τις τροφοσυλλεκτικές- διασφαλίζοντας τα υλικά θεμέλια (διατροφικά πλεονάσματα) της μετεξέλιξής τους σε αστικές κοινωνίες, με κατακόρυφη αύξηση των εμπορικών και μεταπρατικών δραστηριοτήτων και την ανάγκη εισαγωγής της *πίστης* και του *χρέους* στις συναλλαγές.

Για πολλούς ερευνητές, το γενικό πρότυπο επιλογής των μέσων χρήματος κατά την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών παραμένει διαχρονικά αναλλοίωτο –ανεξαρτήτως κλίμακας- και βασίζεται στην επάρκεια της ενέργειας (Soddy 1926, Odum 1974). Υπό αυτήν την έννοια το χρήμα αποκτά έναν ρόλο *επιταχυντή της κοινωνικής εξέλιξης* (cultural evolution accelerator, Karakatsanis 2012a). Για παράδειγμα, ακόμα και στις τροφοσυλλεκτικές κοινωνίες μπορούν να αναγνωριστούν οι έννοιες της *πίστης* και του *χρέους*, υπό την έννοια ότι η καθαυτή έναρξη της κυνηγετικής προσπάθειας ήταν μια μορφή τρέχουσας επένδυσης (δαπάνη ενέργειας) με θετική μέλλουσα αναμενόμενη απόδοση (εξασφάλιση μεγαλύτερου ποσού ενέργειας από την δαπανηθείσα), που μετά από λίγο καιρό θα δαπανάτο κι αυτή (και εν τέλει θα υποβαθμιζόταν σε θερμική ενέργεια), άρα θα έπρεπε επίσης να ανανεωθεί, κ.ο.κ.. Πλέον, η απόδοση του κυνηγιού θα έπρεπε να αυξάνεται τουλάχιστον ισόποσα με την πληθυσμιακή αύξηση¹.

Κατά την μετάβαση στον αρχαίο αστικό κόσμο και την κατακόρυφη αύξηση του εμπορίου, η περιβαλλοντική βάση του χρήματος παρέμεινε ευδιάκριτη, καθώς το παραγωγικό όριο κάθε κοινωνίας καθοριζόταν από την διαθεσιμότητα πολύτιμων μετάλλων (χρυσού και

¹ Για πολλούς ανθρωπολόγους, ήταν ακριβώς αυτή η αλληλουχία αύξουσας απόδοσης των τεχνικών κυνηγιού σε συνδυασμό με αρκετές βελτιωμένες τεχνικές δίαιτας (Pennisi 1999) που –μέσα από την αύξηση της μεταβολικής ικανότητας και ανάπτυξης του εγκεφάλου- οδήγησε στην καθαρή συσσώρευση διατροφικών πλεονασμάτων και έθεσε τις προϋποθέσεις για την μετεξέλιξη των πρωτόγονων κοινωνιών.

αργύρου). Πρακτικά, τα διαθέσιμα αποθέματα χρυσού και αργύρου όριζαν το ανώφλι των δυνατοτήτων της κυριαρχίας των κοινωνιών, ενώ παράλληλα αποτελούσαν και το κίνητρο πολέμου για την απόκτησή τους. Παρόλο όμως που το μέσο του χρήματος σ' αυτές τις κοινωνίες ήταν άμεσα συνδεδεμένο με έναν φυσικό πόρο με μεγάλη σταθερότητα διακράτησης αξιών, μπορεί να αναγνωριστεί και μια πρώτη αποσύνδεση του χρήματος από την ενέργεια, η οποία οδήγησε αρκετούς πολιτισμούς στην κατάρρευση. Στις αστικές κοινωνίες εμφανίστηκαν οι πρώτες σημαντικές οικονομικές κρίσεις που κατά βάση οφείλονταν σε *ενδογενή* χαρακτηριστικά των κοινωνικών δομών. Ως τέτοια περίπτωση αναφέρεται το παράδειγμα της *Δυτικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας*, η οποία κατέρρευσε παρόλο που είχε επιτύχει να μετατρέψει την Μεσόγειο Θάλασσα σε κλειστή εμπορική λίμνη. Ένας μόνο από τους λόγους που αναφέρουν διάφοροι μελετητές (Tainter 1988) είναι ότι κατά την διαρκή αύξηση των κατακτημένων εδαφών, τα άφθονα νομισματικά πλεονάσματα χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την ανάπτυξη πολύπλοκων και δαπανηρών διοικητικών και γραφειοκρατικών δομών –που ενδεχομένως να ευνοούσαν και μια συγκεκριμένη κοινωνική τάξη- και δεν επενδύθηκαν ανάλογα στην αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας, η οποία αποτελούσε την ενεργειακή βάση -ως *σκιάδες νόμισμα*- της συντήρησης της γεωγραφικά και πληθυσμιακά αυξανόμενης αυτοκρατορίας, καθώς και της τεράστιας και ενεργειακά δαπανηρής διοικητικής και στρατιωτικής της μηχανής.

Στην σύγχρονη οικονομία, όπου η *πίστη* και το *χρέος* υφίστανται για μεγάλες χωρο-χρονικές κλίμακες, ο εντοπισμός της ενεργειακής της βάσης είναι ασφαλώς πιο δυσδιάκριτος, αλλά σε καμμία περίπτωση απών. Ειδικότερα, ο Odum (1974) θεωρεί πως τα ενεργειακά αποθέματα της κοινωνίας αποτελούν τον κύριο περιορισμό της προσφοράς χρήματος, ενώ ο Karakatsanis (2012b) ορίζει την έννοια του *ενεργειακού παραδείγματος* (energy paradigm) ως την κυρίαρχη τεχνολογία άντλησης ενέργειας από το βιοφυσικό περιβάλλον, η οποία καθορίζει θεμελιωδώς και τους τεχνικούς περιορισμούς της μεγέθυνσης της οικονομίας. Το ενεργειακό παράδειγμα είναι μακροδυναμικά μεταβαλλόμενο μέσα από τους μηχανισμούς που έχει υιοθετήσει η κοινωνία για την επένδυση σε αυξημένη θερμοδυναμική αποδοτικότητα μέσω οργανωμένης *Έρευνας & Ανάπτυξης* (R&D) με σκοπό την μετάβαση σε νέο ενεργειακό παράδειγμα που θα στηρίζεται σε μεγαλύτερη αφθονία φυσικών αποθεμάτων.

1.2 Ενέργεια και χρήμα: Θερμοδυναμικά ανάλογα και το μοντέλο του Hotelling

Αν και στην διεθνή βιβλιογραφία η ανάγκη αναμόρφωσης του διεθνούς χρηματοοικονομικού οικοδομήματος διατυπώνεται σαφώς από αρκετούς μελετητές (Cato 2012, σελ. 111-132), εν τούτοις παρατηρείται ένα αρκετά σημαντικό κενό ως προς την πειστική ποσοτικοποίηση της περιβαλλοντικής διάστασης του χρήματος. Παραδόξως, στην πλειονότητά τους, οι πιο πολλές μελέτες που επιχειρούν να αποδώσουν μια φυσική (κυρίως ενεργειακή) διάσταση στο χρήμα, αφιερώνονται σχεδόν αποκλειστικά στην εύρεση *θερμοδυναμικών αναλόγων* (thermodynamic analogues) της *εσωτερικής* κυκλοφορίας και κατανομής του στις κοινωνίες (Yakovenko 2010, Viaggiu et al. 2012) –ακόμα κι όταν εισάγουν την μεταβλητή της ρύπανσης (Roma 2006). Αν και στην παρούσα εργασία αναγνωρίζεται η ιδιαίτερη επιστημονική αξία της διερεύνησης της ύπαρξης γενικευμένων κατανομών του χρήματος εντός των κοινωνιών, το ζήτημα δεν θα μας απασχολήσει στην παρούσα φάση και η πραγμάτευσή του αφήνεται σε μελλοντικό εκπόνημα.

Στην παρούσα φάση, κρίνεται σκόπιμο να δοθεί προτεραιότητα στην θεωρητική θεμελίωση του *αιτιώδους λογιστικού δεσμού* του χρήματος με την εξάντληση των φυσικών πόρων που θα όριζε τις *ικανές και αναγκαίες συνθήκες* για την επανεπένδυσή του στην ποιοτική αναβάθμιση των τεχνικών μέσων της οικονομίας. Η έλλειψη μιας εναργούς σχετικής θεωρητικής βάσης συνεισφέρει στο να συνεχίζει το χρήμα να λειτουργεί σε καθεστώς *περιβαλλοντικής αναρχίας* (Karakatsanis 2012a). Ο Hotelling (1931) είχε ήδη επισημάνει την δυνατότητα δημιουργίας στενότητας ενός φυσικού πόρου από τις παραμέτρους κυκλοφορίας

του χρήματος το πρώτο μισό του 20^{ου} αι., αναπτύσσοντας ένα θεωρητικό μοντέλο *μονοπατιού εξάντλησης* (exhaustion path) ενός *αποθεματικού* (δηλ. μη ανανεώσιμου) φυσικού πόρου (π.χ. ορυκτά καύσιμα) όταν ο *ποσοστιαίος ρυθμός αύξησης του κέρδους* (ποσοστιαίο χρονικό διαφορικό της τιμής αγοράς μείον το άθροισμα του κόστους εξόρυξης και επεξεργασίας) από την εμπορευσιμότητά του, και η *αγορά χρήματος* βρίσκονταν σε διάφορες σχέσεις ισορροπίας μεταξύ τους¹. Το μοντέλο του Hotelling αφορούσε στην βέλτιστη τιμολόγηση και ποσότητα εξόρυξης σε κάθε χρονική στιγμή, λαμβάνοντας ως κριτήριο την ισορροπία μεταξύ της τιμής αγοράς του πόρου (N), του συνολικού κόστους παραγωγής (εξόρυξης, επεξεργασίας, μεταφοράς κλπ.) (C), καθώς και της τιμής του χρήματος στις χρηματαγορές, η οποία πρακτικά ορίζει το επιτόκιο προεξόφλησης (r). Σύμφωνα με τον Hotelling, η βέλτιστη εξόρυξη του πόρου επιτυγχάνεται όταν ισχύει:

$$\frac{[dN(t)/dt] - [dC(t)/dt]}{N(t) - C(t)} = \frac{\dot{\pi}(t)}{\pi(t)} = r \quad (1)$$

Το μονοπάτι εξόρυξης του Hotelling δύναται να αφορά οποιοδήποτε φυσικό πόρο· ωστόσο αποτελεί μια εξαιρετική βάση εκκίνησης για την μελέτη των εξαντλήσιμων πόρων ενέργειας –όπως είναι τα ορυκτά καύσιμα– τόσο λόγω της σημασίας τους για την σύγχρονη οικονομία όσο και για την εμπειρική επιβεβαίωσή του σε ιστορικά γεγονότα ενεργειακών κρίσεων. Η βασική διαφορά του είναι ότι ενσωματώνει εξ υποθέσεως το αποτέλεσμα της μείωσης του αποθέματος στον φυσική αποθήκη του (in situ) στην τελική τιμή, ώστε να αντιμετωπίζει την εσφαλμένη (καταναλωτική) αιτιολογία ότι η πτώση της τιμής απορρέει από την αύξησης της βιομηχανικής προσφοράς –ακόμα και σε καθεστώς μειούμενων φυσικών αποθεμάτων. Πλέον, το εν λόγω μονοπάτι είναι ένα μονοπάτι *ελάχιστης ενέργειας*, ή εναλλακτικά ένα μονοπάτι με ελάχιστες δυνατές στατιστικές διακυμάνσεις². Κάθε απόκλιση από το βέλτιστο μονοπάτι, αποτελεί μια κατάσταση ανισορροπίας μεταξύ παραγωγής και χρηματαγοράς, την οποία το κίνητρο της μεγιστοποίησης του κέρδους του παραγωγού τείνει να αποκαταστήσει.

Για *βραχυπρόθεσμα σταθερό κόστος εξόρυξης*, όποτε ο ρυθμός της ποσοστιαίας αύξησης του κέρδους στην αγορά είναι μικρότερος από το επιτόκιο προεξόφλησης, ο παραγωγός έχει συμφέρον να εξορύσει ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες του πόρου, αυξάνοντας την *φυσική στενότητα* και να καταθέτει τα κέρδη του στην χρηματαγορά –ώστε να επωφελείται ακόμη πιο πολύ από την διαφορά. Η φυσική στενότητα θα προκαλέσει διαχρονικά ταχύτερη αύξηση της τιμής του πόρου, εως ότου ο ρυθμός της να εξισωθεί με το επιτόκιο. Αντίθετα, ο ποσοστιαίος ρυθμός αύξησης της τιμής του πόρου είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο προεξόφλησης, υπάρχει κίνητρο για ακόμη μεγαλύτερο περιορισμό εξόρυξης του πόρου και συνέχεια της προσφοράς του σε υψηλές τιμές. Ωστόσο μακροπρόθεσμα, αυτός ο περιορισμός μειώνει την σχετική στενότητα, ώστε ο ρυθμός αύξησης της τιμής να μειωθεί και εν τέλει να εξισωθεί με το επιτόκιο³. Αρκετοί οικονομικοί αναλυτές επέκτειναν την κεντρική ιδέα του μοντέλου του

¹ Πρακτικά, οι ιδέες του Hotelling έθεσαν τα θεωρητικά θεμέλια της καθιέρωσης -και περαιτέρω εξέλιξης- της *Οικονομικής του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων*, ως κλάδου της νεοκλασικής οικονομικής θεωρίας.

² Ως μονοπάτι *ελάχιστης ενέργειας* εννοείται πως τόσο η καμπύλη εξάντλησης του φυσικού πόρου όσο και η καμπύλη τιμολόγησής του, ακολουθούν την πιο σύντομη διαδρομή από ένα αρχικό απόθεμα μέχρι το σημείο εξάντλησης (ασυμπτωτικά μηδενισμός αποθέματος και απειρισμός τιμής). Ορθότερα, το μονοπάτι του Hotelling είναι μονοπάτι *ελάχιστης διαφορικής στατιστικής εντροπίας*. Πλέον, αποδεινύεται πως η βελτιστοποίηση της εξόρυξης του πόρου μεγιστοποιεί και την εξοικονόμησή του.

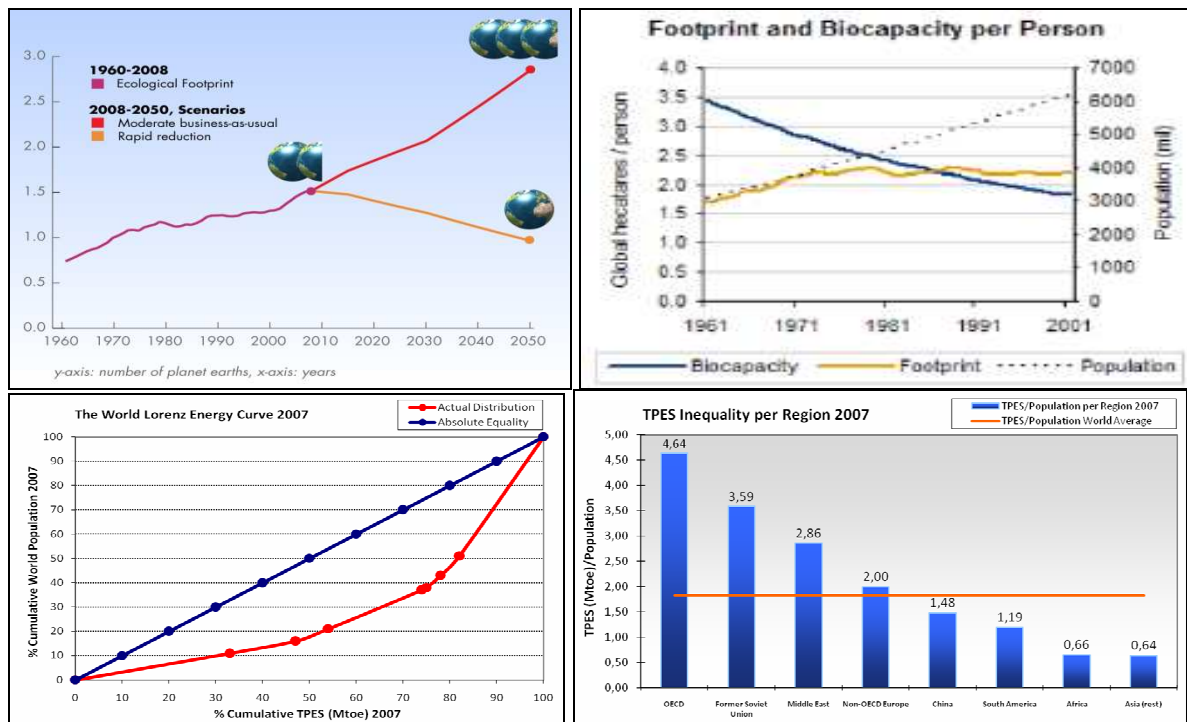
³ Αν και η γενική ιδέα της μακροπρόθεσμης ισορροπίας του ρυθμού αύξησης της τιμής του πόρου με το επιτόκιο είναι σωστή, ο μηχανισμός επαναφοράς είναι πιο περίπλοκος και εξαρτάται από την ελαστικότητα ζήτησης του αγαθού που ορίζεται ως η ποσοστιαία μεταβολή της ζητούμενης ποσότητας προς την ποσοστιαία μεταβολή της τιμής [$\varepsilon = (dQ/dP)/(P/Q)$]. Ειδικότερα, για σταθερό κόστος εξόρυξης, όταν ο πόρος έχει ελαστική ζήτηση ($|\varepsilon| > 1$), η όποια αύξηση της τιμής του επιφέρει μείωση του ρυθμού των κερδών του παραγωγού, ενώ η μείωση, αύξηση

Hotelling ακόμα και στους βιολογικούς πόρους –όπως τα αλιεύματα και τα δάση- εισάγοντας και την μεταβλητή των ρυθμών ανανέωσης των πληθυσμών στην ανάλυση (βλ. Hartwick and Olewiler 1997). Η εισαγωγή αυτών των νέων εργαλείων ενίσχυσε σημαντικά το θεωρητικό μέρος της συμβατικής (νεοκλασικής) σχολής οικονομικής ανάλυσης με την δημιουργία ενός τριπτύχου διαχείρισης των φυσικών πόρων που συνίστατο στην φυσική στενότητα το πόρου, των κερδών από την εμπορία του και του επιτοκίου προεξόφλησης του χρήματος.

Παρόλο που το μοντέλο του Hotelling ήταν εξαιρετικά καινοτόμο, δεν περιελάμβανε κάποιον μηχανισμό (επαν)επένδυσης του χρήματος στην άμβλυνση των θερμοδυναμικών περιορισμών των κοινωνιών. Ο Odum (1974) επισήμανε με διορατικότητα τον κίνδυνο ενός πληθωρισμού της χρηματιστηριακής σφαίρας εις βάρος της πραγματικής οικονομίας που θα οδηγούσε εν τέλει σε υπερ-πληθωρισμό τιμών, εξαιτίας της μακροχρόνια επίμονης υπερεκτίμησης των δυνατοτήτων μεγέθυνσης της διεθνούς οικονομίας, η οποία περιοριζόταν από το «ενεργειακό παράδειγμα» των ορυκτών καυσίμων. Στο Σχήμα (1), παρουσιάζεται για τις περιόδους 1960-2010-2050, η εξέλιξη της ανάλυσης της μέσης *πλανητικής βιοχωρητικότητας* (Ewing et al. 2010, Karakatsanis 2010, Andersson 2006, βλ. επίσης και Pillarisetti 2005).

Ο Odum (1974) -σύμβουλος στην πρωτότυπη εργασία των Meadows et al. (1972)- θεωρούσε απαραίτητη την σαφή σύνδεση της ποσότητας του κυκλοφορούντος χρήματος με μια φυσική βάση –και ιδιαίτερα με τα αποθέματα ενέργειας (Odum 1971, σελ. 174-205; 1974; 1995, σελ. 252-280)- ώστε η κοινωνία να έχει διαρκώς την επίγνωση των βιοφυσικών ορίων παραγωγής αξιών (άρα και χρήματος). Αν η οικονομία λειτουργεί στα βιοφυσικά της όρια, η αύξηση της προσφοράς χρήματος -προκειμένου να τονωθεί η παραγωγή- δεν θα επιφέρει κανένα θετικό αποτέλεσμα (Odum 1974), εφόσον δεν θα υπάρχουν επαρκή αποθέματα ενέργειας να την τροφοδοτήσουν. Για τον Odum, αν η «νομισματική άγκυρα» του χρυσού έπρεπε οπωσδήποτε να εγκαταλειφθεί, θα έπρεπε άμεσα να αντικατασταθεί από τα *αποθεματικά του ενεργειακού παραδείγματος*, αλλά σε καμία περίπτωση δεν θα έπρεπε να απουσιάζει από τον σχεδιασμό και τις εκτιμήσεις της αγοράς. Εν τέλει, τα επιχειρήματα του Odum δεν επικράτησαν, καθώς οι Meadows et al. (1972) θεώρησαν ότι πιθανότατα θα προσέθετε πολυπλοκότητα σ' ένα ήδη υπερ-πολύπλοκο μοντέλο, εστιάζοντας στην μη-γραμμική απεικόνιση των παραμέτρων της βιομηχανικής οικονομίας. Παρόλαυτά, η τρέχουσα χρηματοοικονομική κρίση (2008-) και η διαφαινόμενη γενίκευσή της στην πραγματική οικονομία και την διαχείριση των *πλανητικών φυσικών πόρων* φαίνεται να επιβεβαιώνει τις απόψεις του Odum.

των κερδών. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει για πόρους με ανελαστική ζήτηση ($0 < \epsilon < 1$). Ο Hotelling έχοντας λάβει ως πρότυπο πόρο τα ορυκτά καύσιμα, υιοθέτησε την υπόθεση της ανελαστικής ζήτησης λόγω της ζωτικής σημασίας τους για την σύγχρονη οικονομία. Κατά συνέπεια, στην περίπτωση της αύξησης της παραγωγής και –κατόπιν- της *φυσικής στενότητας* από τον παραγωγό, τα βραχυπρόθεσμα κέρδη του θα μειώνονται, γεγονός που εντείνει ακόμη περισσότερο την απόσυρση ποσότητας χρήματος από την παραγωγική διαδικασία προς όφελος της χρηματιστηριακής τοποθέτησης, δημιουργώντας πλεονάσματα από μη παραγωγική δραστηριότητα.



Σχήμα 1: Ο οικολογικός αντίκτυπος της μεγέθυνσης της ανθρώπινης οικονομίας (άνω αριστερά), με την μέθοδο του *οικολογικού αποτυπώματος*, καθώς και η εξέλιξη της *βιοχωρητικότητας* (άνω δεξιά, καθοδική καμπύλη) ανά κάτοικο του πλανήτη για διπλασιασμό του διεθνούς πληθυσμού από τα 3 δις στα 6 δις. Η πτώση της κατα κεφαλήν βιοχωρητικότητας με την διαφαινόμενη σταθεροποίηση του αποτυπώματος (στάσιμη καμπύλη) και ταυτόχρονη αύξηση του διεθνούς πληθυσμού (διακοπτόμενη αανοδική γραμμή), υποδεικνύει έξαρση της διεθνούς ανισότητας στην χρήση φυσικών πόρων από το 1970 και μετά. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από την *Καμπύλη Lorenz* (κάτω αριστερά) της διεθνούς ανισότητας χρήσης ενέργειας με στοιχεία έτους 2007 (καμπύλη). Η συγκεκριμένη Καμπύλη Lorenz εκφράζει πόσο μέρος της συνολικής διεθνούς πρωτογενούς απόληξης ενέργειας αντιστοιχεί *πραγματικά* σε κάθε ποσοστό του διεθνούς πληθυσμού, συγκρίνοντάς το κατόπιν με την κατάσταση *ίσοκατανομής* (ευθεία γραμμή). Ως εκ τούτου προκύπτει ότι το 40% του διεθνούς πληθυσμού είναι υπεύθυνο για το 80% της διεθνούς χρήσης ενέργειας (σε σχέση με το 40% που θα ίσχυε αν η χρήση ήταν *ίσοκατανομημένη* διεθνώς) που σημαίνει ότι μέρος του διεθνούς πληθυσμού χρησιμοποιεί πολύ λιγότερη ενέργεια από αυτήν που του αναλογεί. Το διπλανό διάγραμμα (κάτω δεξιά) παρουσιάζει την κατά κεφαλήν χρήση γεωγραφικά κατά αύξουσα σειρά σε σχέση με τον διεθνή μέσο όρο (1,82).

2. Το Χρέος των Εθνών...

«...Το χρέημα συσσωρεύεται στα χέρια λίγων ατόμων που δεν έχουν κανένα κίνητρο να το επιστρέψουν στην οικονομία (σ.σ.: εννοεί «παραγωγική»), εφόσον συγκεντρώνουν εισόδημα από τα θετικά προεξοφλητικά επιτόκια...»

Silvio Gesell, *Η Φυσική Οικονομική Τάξη* (1916)

Οι στρεβλώσεις και οι διεθνείς ανισότητες στην διαχείριση και χρήση των φυσικών πόρων, οφείλονται κυρίως σε τρία (3) ενδογενή στοιχεία που χαρακτηρίζουν την αρχιτεκτονική του σύγχρονου χρηματοοικονομικού οικοδομήματος: (α) την κατοχή *αποκλειστικών δικαιωμάτων έκδοσης και ενοικίασης χρήματος* προς όλους τους ενδιαφερόμενους (β) την διεθνή πρακτική της *Τραπεζικής Κλασματικού Αποθεματικού* (Fractional Reserve Banking) και (γ) τα *θετικά επιτόκια προεξόφλησης*. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία αποτελεί ζωτικής σημασίας εξάρτημα για το σύστημα, καθώς η έλλειψη έστω και ενός εξ αυτών θα μπορούσε να δημιουργήσει μια διαφορετική δυναμική. Ο Gesell εστίασε

την θεωρία του κυρίως στο τρίτο στοιχείο, ωστόσο στις κατά τόπους εφαρμογές της (π.χ. στο Wörgl) συνδυάστηκε και με το πρώτο. Το δεύτερο στοιχείο, είναι υπό προϋποθέσεις πιο ουδέτερο και αφορά περισσότερο στην μακροπρόθεσμη δυνατότητα υποστήριξής του από μια φυσική βάση –όπως αυτή που πρότεινε ο Odum. Τα ειδικά γνωρίσματα του κάθε στοιχείου περιγράφονται παρακάτω.

2.1 Αποκλειστικά δικαιώματα έκδοσης χρήματος

Ένα κοινό ιστορικό χαρακτηριστικό ενός μεγάλου μέρους της ανθρώπινης ιστορίας –από την αρχαιότητα μέχρι την Αναγέννηση- ήταν το αποκλειστικό δικαίωμα των κρατικών αρχών να εκδίδουν νόμισμα με την σφραγίδα τους ως σύμβολο ισχύος και κυριαρχίας, με πρόβλεψη αυστηρών ποινών για τους πλαστογράφους και παραχαράκτες. Σήμερα, αυτό το δικαίωμα κατέχεται από τις *κεντρικές τράπεζες*. Ένα σύνθημα σφάλμα είναι η θεώρηση των κεντρικών τραπεζών ως μια προέκταση του κράτους, γεγονός το οποίο σε καμμία περίπτωση δεν ισχύει αποκλειστικά. Η σύνθεση μιας κεντρικής τράπεζας είναι συνήθως ένα μίγμα συμμετοχής κρατικών αρχών και ιδιωτικών εμπορικών τραπεζών, όπου σε πολλές περιπτώσεις ο δεύτερος εταίρος υπερισχύει του πρώτου. Η πιο σημαντική συνέπεια ωστόσο, είναι η *μονοπωλιακή* δυνατότητα που παρέχεται στις κεντρικές τράπεζες να ενοικιάζουν το προϊόν τους: δηλαδή το χρήμα. Υπό αυτήν την έννοια, το χρήμα δεν αποτελεί κοινωνικό αγαθό -το οποίο διανέμεται δωρεάν από την πολιτεία στα μέλη της προκειμένου να διευκολύνουν τις συναλλαγές τους με εγχώριους και διεθνείς αντισυμβαλλόμενους- αλλά πωλείται με την μορφή του *χρέους*. Αυτό σημαίνει ότι ο αποδέκτης κάθε μονάδας οφείλει στην κεντρική τράπεζα όχι μόνο την αρχική ποσότητα, αλλά ένα επιπλέον ποσό ως *κόστος ενοικίασης* υπέρ του παρόχου. Συγκεκριμένα:

$$M_t = M_0 \cdot (1 + r)^t \quad (2)$$

Στον τύπο (2), η μεταβλητή (M_t) είναι το ποσό που οφείλει ο αποδέκτης του χρήματος μιας αρχικής νομισματικής ποσότητας (M_0) μετά από χρονικό περιθώριο (t) και (r) είναι το κόστος ενοικίασης του χρήματος, το οποίο είναι γνωστό και ως *επιτόκιο προεξόφλησης*. Το ιδιαίτερο σημείο εδώ είναι ότι εξαιτίας της μονοπωλιακής αποκλειστικότητας του εκδότη, ο αποδέκτης δεν πρόκειται να ξεπληρώσει ποτέ αυτό το χρέος, καθώς στο τέλος του χρόνου (t) ακόμα κι αν επιστρέψει εξολοκλήρου το αρχικό ποσό που δανείστηκε, θα εξακολουθεί να οφείλει την διαφορά $M_t - M_0$. Πλέον, εξαιτίας της επιβολής της αποκλειστικότητας στην έκδοση χρήματος ο οφειλέτης δεν μπορεί να στραφεί σε εναλλακτικά μέσα, παρά είτε στην προσωπική του περιουσία –θέτοντας τον εκδότη μέτοχο αυτής- ή στον ίδιο τον εκδότη ζητώντας την έκδοση νέου χρήματος, η οποία όμως θα τροφοδοτήσει έναν νέο κύκλο χρέους κ.ο.κ.. Ο μηχανισμός αυτός είναι γνωστός ως *παραγωγή αέναου χρέους* (perpetual debt). Είναι προφανές πως όσο μεγαλύτερη η αρχική νομισματική ποσότητα, τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το χρέος που θα συσσωρεύεται διαχρονικά.

2.2 Τραπεζική Κλασματικού Αποθεματικού

Η διεθνής πρακτική της *Τραπεζικής Κλασματικού Αποθεματικού* (Fractional Reserve Banking) ουσιαστικά αποτελεί ένα καταλύτη διάχυσης του εκδοθέντος χρήματος στην κοινωνία, καθώς επιταχύνει κατακόρυφα την ποσότητά του μέσα από την λειτουργία των *εμπορικών τραπεζών*, πολλαπλασιάζοντας παράλληλα και την συσσώρευση του χρέους. Στην πράξη, το χρέος δεν συσσωρεύεται απευθείας ως μελλοντική οφειλή από τα άτομα προς τον εκδότη, αλλά με την διαμεσολάβηση των εμπορικών τραπεζών. Οι εμπορικές τράπεζες αιτούνται από την κεντρική τράπεζα να προβεί σε πιστωτικές λογιστικές εγγραφές προκειμένου να τις κυκλοφορήσουν στην οικονομία και να επιταχύνουν τις εμπορικές συναλλαγές της. Η επιτάχυνση προκύπτει από την (νομική) διευκόλυνση των εμπορικών τραπεζών να μην διακρατούν ως ασφάλεια όλη την αρχική πιστωτική ποσότητα που έχει εκδόσει η κεντρική τράπεζα, αλλά μονάχα ένα κλάσμα –συνήθως αρκετά μικρό. Το υπόλοιπο ποσό, οι εμπορικές τράπεζες μπορούν να το

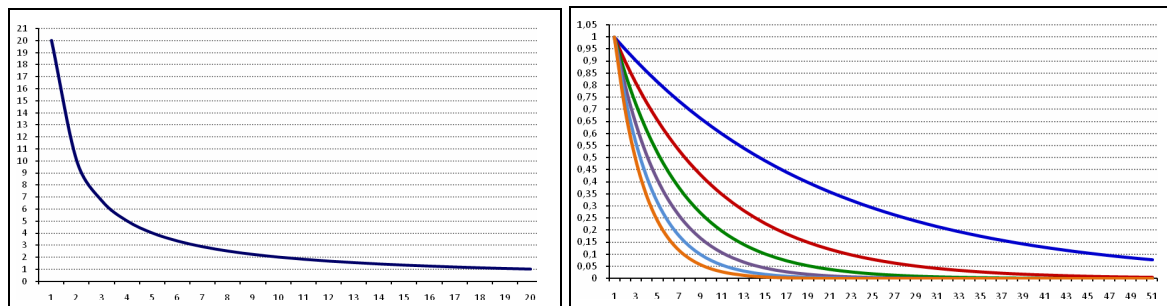
δανείζουν κυκλικά κατ' επανάληψη. Το συγκεκριμένο κλάσμα καθορίζει και την δυναμική της πολλαπλασιαστικότητας μιας αρχικής εκδοθείσας ποσότητας χρήματος, γι' αυτό και καλείται και *πολλαπλασιαστής χρήματος*. Κατ' αυτόν τον τρόπο στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ο τρόπος με τον οποίο *οι εμπορικές τράπεζες δημιουργούν χρήμα*. Συγκεκριμένα, ο πολλαπλασιαστής χρήματος (M_m) γράφεται:

$$M_m = M_0 \cdot \frac{1}{m}, \text{ όπου } 0 < m < 1 \quad (3)$$

Σύμφωνα με τον τύπο (3), μια αρχική ποσότητα χρήματος (M_0) πολλαπλασιάζεται ευθέως αναλόγως του κλάσματος (m) που επιβάλλεται να διακρατηθεί από τις εμπορικές τράπεζες. Είναι προφανές ότι όσο μικρότερη είναι η απαίτηση για διακράτηση αποθεμάτων ασφαλείας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα χρήματος που δημιουργείται. Σύμφωνα με τα παραπάνω, μια μικρή τιμή του (m) οδηγεί τόσο σε μεγαλύτερη ποσότητα του κυκλοφορούντος χρήματος, όσο και σε μεγαλύτερη διάρκεια της διαδικασίας πολλαπλασιασμού¹. Από τον συνδυασμό των εξισώσεων (2) και (3), μπορεί να εξαχθεί το – έτσι κι αλλιώς διαισθητικό– συμπέρασμα πως όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα κυκλοφορούντος χρήματος, τόσο μεγαλύτερο είναι και το χρέος προς τον αρχικό εκδότη. Συγκεκριμένα:

$$M_t = M_0 \cdot \frac{1}{m} \cdot (1+r)^t, \text{ με } r > 0 \quad (4)$$

Το Σχήμα (2) παρουσιάζει το αποτέλεσμα του πολλαπλασιαστή για διάφορες τιμές του (m):



Σχήμα 2: Η καμπύλη του τελικά κυκλοφορούντος χρήματος (M_m) (αριστερά) για μειούμενες τιμές του m (από 100% έως 5%). Για τιμή $m=5\%$ το κυκλοφορούν χρήμα μπορεί να πολλαπλασιαστεί έως και 20 φορές. Οι καμπύλες χρονικής διάρκειας της διαδικασίας πολλαπλασιασμού χρήματος (δεξιά) σε σχέση με την τιμή του (m). Η διάρκεια αυξάνεται ευθέως ανάλογα με την μείωση του (m).

Επειδή ωστόσο και οι εμπορικές τράπεζες έχουν χρέος προς την κεντρική τράπεζα που είναι ο αποκλειστικός εκδότης, είναι προφανές ότι μπορούν να έχουν κέρδος μόνο μέσω επιβολής υψηλότερων επιτοκίων προεξόφλησης από αυτά που δανείζονται από την κεντρική τράπεζα. Κατά συνέπεια, το χρηματοοικονομικό σύστημα που βασίζεται στο χρέος δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει δίχως το πιο θεμελιώδες συστατικό του: τα *θετικά επιτόκια προεξόφλησης*.

¹ Αν υποθέσουμε ότι μια εμπορική τράπεζα με $m=10\%$ και αρχική ποσότητα χρήματος $M_0=10$, δανείζει στον πρώτο δανειολήπτη και τις 9 μονάδες που μπορεί κατά μέγιστο. Ο δανειολήπτης διεκπαιρεύει τις συναλλαγές του με το ποσό, και οι 9 μονάδες επιστρέφουν στην τράπεζα ως καταθέσεις από άλλα άτομα. Μετά η τράπεζα μπορεί να δανείσει το 90% αυτών των καταθέσεων –δηλ. 8,1 μονάδες κ.ο.κ.. Κατ' ανώτατο όριο από μια αρχική ποσότητα 10 μονάδων μπορεί να προκύψει ένα χρέος 100 μονάδων προς τον αρχικό εκδότη (κεντρική τράπεζα).

2.3 Θετικά επιτόκια προεξόφλησης και «οκνηρό» χρήμα

Η ύπαρξη των *θετικών προεξοφλητικών επιτοκίων* αποτέλεσε το πεδίο για την ανάπτυξη της σφοδρότερης πολεμικής του Gesell, καθώς αποτελούν τον κυριότερο λόγο ύπαρξης *οκνηρού χρήματος* (lazy money): δηλαδή χρήματος το οποίο επιλέγεται από τους κατόχους του να μην ανανεώνεται μέσα από την ανθρώπινη (εργασιακή) παραγωγική διαδικασία -από την στιγμή που μπορεί να ανανεωθεί ταχύτερα και με ελάχιστο κόπο μέσα από την κυκλοφορία του στην χρηματιστηριακή σφαίρα. Τα θετικά επιτόκια, πρακτικά αποτελούν το κίνητρο για μια διαρκή μετάθεση παραγωγής αξιών στο μέλλον και κύριο αντικίνητρο για ανάληψη επενδύσεων στην τρέχουσα περίοδο. Ωστόσο, η συστηματική απροθυμία ανάληψης επενδύσεων στην τρέχουσα περίοδο, πρακτικά μειώνει και την πιθανότητα ύπαρξης των όποιων αξιών και στο μέλλον, διότι ο καθένας επιχειρεί να επιβιώσει και να αυξήσει τον πλούτο του στα πλαίσια αυτού του παιγνίου με τον μικρότερο κίνδυνο και προσωπικό κόστος. Η καιροσκοπική αυτή λογική έχει στη βάση της την αναμονή ανάληψης της επένδυσης στην πραγματική οικονομία από κάποιο άλλο μέλος της κοινωνίας, ώστε να δημιουργηθούν όλες εκείνες οι χρηματοροές, αξίες και – προπάντων- *μελλοντικές προσδοκίες* για περαιτέρω διόγκωσή τους που θα επιτρέψουν στον κάτοχο οκνηρού χρήματος να αυξήσει τον πλούτο του αποκλειστικά μέσω της χρηματιστικής σφαίρας, δίχως να αναλάβει την οποιαδήποτε παραγωγική προσπάθεια στην πραγματική οικονομία (η οποία όμως πυροδοτεί και την διόγκωση της χρηματιστικής κυκλοφορίας ως παράγωγο της). Από μια καθαρά κερδοσκοπική άποψη ήταν μια σωστή στρατηγική, ωστόσο από κοινωνική σκοπιά ήταν καταστροφική.

Παρόλη την δριμεία κριτική του στο χρηματιστικό σύστημα, ο Gesell δεν απέρριπτε την ιδέα επίτευξης του κέρδους ως κινήτρου για την οικονομική δραστηριότητα –αρκεί να προερχόταν από την παραγωγική οικονομία. Αντίθετα, απεχθανόταν αυτήν την –όπως έγραφε- *παρασιτική νοοτροπία των κνηγών οκνηρού χρήματος*, θεωρώντας ότι ήταν αντίθετη στην προσπάθεια απελευθέρωσης των ανθρώπινων ικανοτήτων από τους οικονομικούς περιορισμούς που θα οδηγούσε την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών. Ο σκοπός της οικονομίας ήταν η ευμάρεια και ευχαρίστηση των ατόμων, ειδάλλως η οργανωμένη οικονομική δραστηριότητα δεν είχε νόημα¹. Για τον Gesell ήταν βέβαιο ότι με την ύπαρξη θετικών επιτοκίων, το χρήμα βαθμιαία θα επιβράδυνε τόσο πολύ την κυκλοφορία του στην πραγματική οικονομία, ώστε αυτή να περάσει σε καθεστώς ύφεσης, με ανεργία και κατάρρευση εισοδημάτων. Το μόνο άξιο προς διερεύνηση θα ήταν ο χρόνος άφιξης σε αυτό το σημείο. Είναι προφανές ότι ο Gesell έθιγε την καρδιά του χρηματοοικονομικού συστήματος, εφόσον πρότεινε ουσιαστικά την πλήρη αντιστροφή του: τα *αρνητικά προεξοφλητικά επιτόκια*. Υπό το πλαίσιο που πρότεινε ο Gesell, δεν υπήρχε κανένα απολύτως κίνητρο για διακράτηση του χρήματος με σκοπό την μεταφορά αποκόμισης οφέλους στο μέλλον. Αργά ή γρήγορα, τα άτομα θα έπρεπε να επενδύσουν τον πλούτο τους στην πραγματική οικονομία -της οποίας η υλικοτεχνική βάση υπόκειται διαρκώς σε φθορά (σ.σ.: λόγω του Δεύτερου Θερμοδυναμικού Νόμου): άρα θα πρέπει να ανανεώνεται τουλάχιστον κατ' αυτό το ποσό ώστε να βρίσκεται τουλάχιστον σε μια σταθερή κατάσταση- αλλιώς αν τον διακρατούσαν στο διηνεκές χωρίς να τον επενδύσουν θα τον έχαναν.

Η εμπειρία ύπαρξης θετικών (και μεταβαλλόμενων με κατώτατων των μηδενικών) επιτοκίων μπορεί διαισθητικά δίνει την εντύπωση της ορθούς πρακτικής, καθώς στην μεγάλη κλίμακα που λειτουργούν οι σύγχρονες οικονομίες φαίνεται πως επιτρέπει την διαχρονική διακράτηση των αξιών των μικρών αποταμιευμένων εισοδημάτων. Ωστόσο, αγνοείται συστηματικά η επίδραση του πληθωρισμού, οποίος δημιουργείται πρωτίστως από την έκρηξη

¹ Είναι εξαιρετικό το πόσο διαχρονικά ανθεκτικές παραμένουν οι ιδέες του Silvio Gesell ακόμα και σήμερα. Ο Georgescu-Roegen στο *The Entropy Law and the Economic Process* (1971), ένα από τα σημαντικότερα έργα για την οικονομική σκέψη, έγραφε κάτι αντίστοιχο: «...Σκοπός της οικονομίας είναι η ευχαρίστηση και ευτυχία των ανθρώπων. Όποια θεωρία κινείται έξω από αυτόν τον σκοπό, απλώς δεν ανήκει στον χώρο των οικονομικών...».

της αναλογίας μεταξύ κυκλοφορούντος (του τυπωμένου) χρήματος και υλικής βάσης που υποτίθεται πως το υποστηρίζει. Το κυκλοφορούν χρήμα στην σύγχρονη εποχή το καθορίζουν κυρίως οι μεγάλες ροές στα διεθνή χρηματιστήρια, οι οποίες δημιουργούν μια πλεονάζουσα αγοραστική δύναμη (ζήτηση) ως μερίδιο επί της υλικής βάσης της οικονομίας, δίχως όμως να έχουν συνεισφέρει στην –τουλάχιστον- ισάξια αύξησή της. Η βαθμιαία αύξηση του γενικού επιπέδου τιμών από αυτόν τον μηχανισμό αποτελεί την προσπάθεια εξισορρόπησης, η οποία όμως υποβαθμίζει σε ποσοστιαία βάση τον μικρό πλούτο πολύ πιο γρήγορα και πολύ περισσότερο.

Επιπλέον, η ύπαρξη θετικών επιτοκίων προεξόφλησης έχει επηρεάσει ιστορικά την κατανομή της χρήσης των ορυκτών καυσίμων. Σύμφωνα με το αποτέλεσμα του μοντέλου του Hotelling, όταν ο ρυθμός αύξησης του κέρδους είναι μικρότερος από το επιτόκιο, ο παραγωγός –ειδικά αν είναι ολιγοπωλητής ή μονοπωλητής- θα έχει κίνητρο να αυξήσει ραγδαία την παραγωγή και να καταθέσει τα κέρδη του στην χρηματαγορά, ενώ με υψηλότερο ρυθμό κερδών θα έχει συμφέρον να περιορίσει την παραγωγή. Ωστόσο, η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970 κατέδειξε ότι όπου εμπλέκεται το διεθνές εμπόριο μπορεί να υπάρξει συνδυασμός συνθηκών. Συγκεκριμένα, αποδείχθηκε ότι παρόλο που τα μέλη του Οργανισμού Πετρελαιοεξαγωγικών Κρατών (Ο.Πε.Κ.) περιόρισαν πολύ σημαντικά την παραγωγή - αυξάνοντας ραγδαία τα κέρδη τους- οι δυτικές χώρες αντέδρασαν αυξάνοντας τα προσφερόμενα επιτόκια καταθέσεων για να προσελκύσουν ποσότητες χρήματος από αυτά τα κράτη ως αντιστάθμισμα. Αυτό στην ουσία μετέβαλλε την ισχύουσα αναλογία ρυθμού κερδών και επιτοκίων, μετατρέποντας την επιλογή της απόσυρσης του χρήματος στην διεθνή χρηματαγορά ιδιαίτερα συμφέρουσα, αφού ήταν δυνατή η ταυτόχρονη υψηλή απόδοση και των κερδών (από τις υψηλές διεθνείς τιμές αγοράς του πετρελαίου) και των τοποθετήσεων στα δυτικά χρηματιστήρια (από τα υψηλά προσφερόμενα επιτόκια) -εις βάρος ωστόσο των πολιτών των δυτικών χωρών, αλλά και των δανεισμένων (σε πετρο-νομίσματα) αναπτυσσόμενων χωρών. Αυτή ήταν η γνωστή περίοδος δημιουργίας των *πετροδολαρίων* και της *Κρίσης του Χρέους του αναπτυσσόμενου κόσμου*.

3. Φυσική θεωρία του χρήματος για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη

Οι οικονομικές αρχές του Silvio Gesell ενσωμάτωσαν στο χρήμα το στοιχείο της φθοράς των υλικών αγαθών μέσα από την συστηματική απώλεια της αγοραστικής αξίας του (η οποία απλά ακολουθούσε την θερμοδυναμική σταδιακή απαξίωση των υλικών αγαθών). Επομένως, για τον Gesell ήταν αναγκαία μια τακτική υλική ανανέωση της οικονομίας προκειμένου να υποστηρίξει μια σταθερή (μη φθίνουσα) ποσότητα χρήματος. Η σημαντική λεπτομέρεια της θεωρίας του Gesell ήταν ο αποκλεισμός της δυνατότητας απόδοσης του χρήματος μέσα από την αποκλειστική κυκλοφορία του στην χρηματαγορά, δίχως ωστόσο να αποκλείσει και την δυνατότητα επίτευξης κέρδους μέσα από την υλική παραγωγή. Αυτό το γνώρισμα στηρίχθηκε από την εισαγωγή *αρνητικών προεξοφλητικών επιτοκίων* μέσα από την πρακτική της *τακτικής απώλειας αγοραστικής αξίας* (currency demurrage) που ουσιαστικά καταδίκασε τον υποψήφιο κυνηγό οκνηρού χρήματος σε πλήρη απώλεια της αγοραστικής αξίας του –εκτός κι αν αυτό επενδύονταν σε κάποια παραγωγική δραστηριότητα με ατομικό και κοινωνικό όφελος· όπως ακριβώς οι πρώιμες κοινωνίες των τροφосуλλεκτών ήταν καταδικασμένες σε φθορά και αποσύνθεση στην περίπτωση που δεν «επένδυναν» τα υπάρχοντα ενεργειακά τους αποθέματα.

Οι ιδέες του Gesell βρήκαν απήχηση κατά την χειρότερη οικονομική περίοδο του 20^{ου} αιώνα· την *Μεγάλη Ύφεση*. Η πιο γνωστή περίπτωση εφαρμογής, είναι αυτή του μικρού αυστριακού χωριού Wörgl που με 30% ανεργία και 10% άπορο πληθυσμό, κατάφερε να υλοποιήσει έναν μακρύ κατάλογο δημοσίων έργων, εξαλείφοντας την ανεργία σε ένα (1) έτος (1932-1933) και μάλιστα στο αποκορύφωμα της ύφεσης, όπου η πλειονότητα των κοινωνιών διεθνώς έπρεπε να αντιμετωπίσει προβλήματα επιβίωσης. Η περίπτωση του Wörgl έγινε

σύντομα γνωστή, και τουλάχιστον άλλες 170 κοινότητες μαζί με ένα πλήθος σημαντικών οικονομικών φιλοσόφων, έσπευδαν να μελετήσουν την πρακτική εφαρμογή των ιδεών του Gesell. Ενδεικτικά:

Free money may turn out to be the best regulator of the velocity of circulation of money, which is the most confusing element in the stabilization of the price level. Applied correctly it could in fact haul us out of the crisis in a few weeks...I am a humble servant of the merchant Gesell.

—Irving Fisher, Yale University, USA

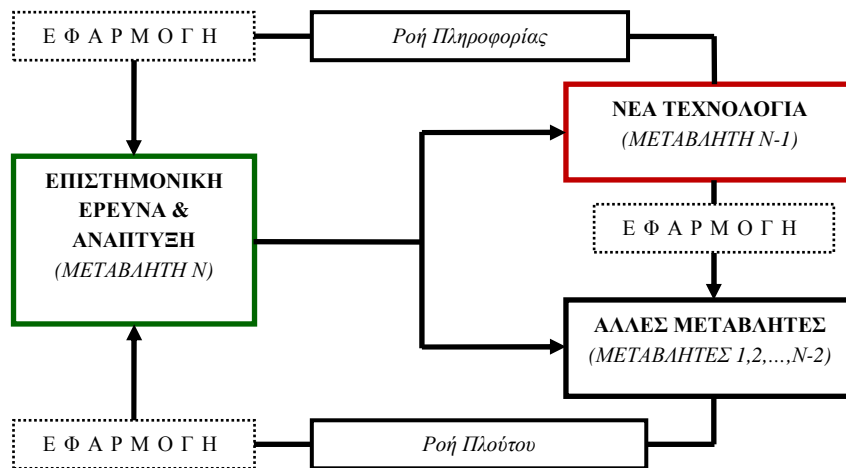
Gesell's chiefwork is written in cool and scientific terms, although it is run through by a more passionate and charged devotion to social justice than many think fit for a scholar. I believe that the future will learn more from Gesell's than from Marx's spirit.

—John Maynard Keynes, University of Cambridge, England

Είναι κατανοητό πως η θεωρία του Gesell δεν περιοριζόταν μονάχα σε ζητήματα οικονομικής οργάνωσης, αλλά είχε ένα ολιστικό όραμα συμπεκνώνοντας και την εξελικτική δυναμική των ανθρώπινων κοινωνιών. Ακόμη και σήμερα η βασική θεωρία του ακολουθείται στην τοπική κλίμακα από μικρές κοινότητες (βλ. Παράρτημα). Είναι ωστόσο, μάλλον απίθανο ότι ο Gesell διαμόρφωσε την θεωρία του με την συνειδητή γνώση της αυστηρότητας των θερμοδυναμικών νόμων –και ιδιαίτερα αυτή του *Δεύτερου Θερμοδυναμικού Νόμου* (ή Νόμου της Εντροπίας). Σήμερα το μεγάλο πρόβλημα της θεωρίας του Gesell θα ήταν η προσαρμογή της διαρκούς κίνησης της παραγωγικής μηχανής με ανάλογη τροφοδότηση φυσικών πόρων. Με λίγα λόγια, αν η οικονομία ήταν ρυθμισμένη ώστε να υποστηρίζει διαρκώς μια μη φθίνουσα ποσότητα χρήματος μέσα από την τακτική επανεπένδυσή του για την υλική ανανέωσή της, ποιά θα ήταν η επίπτωση στην διατήρηση των φυσικών πόρων υπό την ισχύ του Νόμου της Εντροπίας;

3.1 Εντροπία, χρήμα και τεχνική εξέλιξη της οικονομίας

Κατά την *θερμοδυναμική εξάντληση* των ενεργειακών αποθεμάτων από την οικονομική δράση θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας αντίστοιχος *θερμοδυναμικός λογαριασμός* που θα αποτυπώνει εναργώς αυτήν την φθορά και θα χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση του απωλεσθέντος φυσικού αποθέματος, είτε με τη μορφή επένδυσης σε *Έρευνα και Ανάπτυξη* (R&D) νέων ενεργειακών τεχνολογιών ή για την βελτίωση της απόδοσης των υπαρχόντων. Πέραν της μη φθίνουσας ποσότητας χρήματος θα πρέπει να επιτελείται και η μακροπρόθεσμη συντήρηση της οικονομίας τουλάχιστον σε *σταθερή κατάσταση* (steady-state), η οποία εκφράζεται από έναν *βραχυπρόθεσμα σταθερό* (constant) ή *μακροπρόθεσμα στάσιμο* (stationary) λόγο *χρήσης πόρου/απόθεμα πόρου* (resource use/resource deposit). Περαιτέρω, η επένδυση στην Έρευνα & Ανάπτυξη για την τεχνική αναβάθμιση της οικονομίας ισοδυναμεί με μια *ροή πληροφορίας* (information flow) χαρτογραφώντας νέα τεχνικά όρια -επεκτείνοντας τον υφιστάμενο τεχνικό δειγματικό χώρο της- τα οποία θα επηρεάσουν αναπόφευκτα όλους τους κοινωνικούς τομείς μέσω οικονομικών επενδύσεων και παράγωγων *ροών πλούτου* (wealth flow). Το Σχήμα (3) παρουσιάζει γενικά την απεικόνιση αυτής της δυναμικής ως κάτωθι (βλ. επόμενη σελίδα):



Σχήμα 3: Αφηρημένη σχηματική αναπαράσταση των αναδράσεων (feedbacks) των μεταβλητών της οικονομίας. Ως ξεχωριστές μεταβλητές απεικονίζονται η *Επιστημονική Έρευνα & Ανάπτυξη* -ως διανοητική διαδικασία συσσώρευσης γνώσης-πληροφορίας- όπως και η *Νέα Τεχνολογία*. Η *Έρευνα & Ανάπτυξη* προσφέρει τα αποτελέσματά της σε όλες τις μεταβλητές της οικονομίας, λαμβάνοντας ένα κλάσμα του συνολικού πλούτου για να συντηρείται και να συνεχίζει να παράγει αποτελέσματα. Η *Νέα Τεχνολογία* επίσης ενισχύει τις άλλες μεταβλητές της οικονομίας με την μορφή αυξημένης απόδοσης. Ιδιαίτερη είναι η σχέση της *Έρευνας & Ανάπτυξης* με την *Νέα Τεχνολογία*: η δεύτερη παρέχει στην πρώτη αναδράσεις με την μορφή ροής πληροφορίας για ζητήματα πρακτικής εφαρμογής που δεν μπορούν να μελετηθούν επαρκώς εργαστηριακά.

Το ποσό της χρηματοδότησης θα πρέπει να προέρχεται από την διαφορά της τιμής αγοράς και του κόστους εξόρυξης του πόρου –δηλ. να αποτελεί ένα μέρος του κέρδους- όταν αυτή τείνει να γίνει πολύ μεγάλη, υποδεικνύοντας την αυξανόμενη στενότητα του φυσικού πόρου. Στο σύστημα του Gesell, η χειραγώγηση της παραγωγής λόγω ευνοϊκών επιτοκίων αποκλείεται, καθώς αυτά είναι αρνητικά: συνεπώς η όποια απόδοση προέρχεται μόνο από την εξόρυξη και την επεξεργασία του πόρου. Πρακτικά, αυτό το μέρος της πληρωμής αποτελεί ένα διαχρονικό *κόστος ευκαιρίας*, το οποίο στην ουσία συνιστά το *όφελος από την κατανάλωση του πόρου, το οποίο όμως δεν είναι διαθέσιμο στο μέλλον* (καθώς ο πόρος θεωρείται μη ανακτήσιμος).

Ο ακριβής προσδιορισμός του πληρωτέου ποσού έχει αναλυθεί από αρκετούς οικονομικούς μελετητές –όπως ο Hotelling (1931)- και στην νεοκλασική σχολή αναφέρεται με τον όρο της *προσόδου στενότητας* (scarcity rent), παρόλο που δεν γίνεται καμία προσπάθεια τεκμηρίωσής της ως απόρροια του Νόμου της Εντροπίας. Προσπάθεια για την τεκμηρίωση της προσόδου στενότητας ως θερμοδυναμικού λογαριασμού γίνεται από τον Karakatsanis (2012 a,b). Στο παρόν εδάφιο θα μας απασχολήσει περισσότερο η μελέτη της απόδοσης αυτής της επένδυσης. Η Έρευνα & Ανάπτυξη μπορεί γενικώς να προτυποποιηθεί ως μια διανοητική στατιστική διεργασία εκφρασμένη από την *Εκθετική Κατανομή* (Exponential Distribution). Οι εκθετικές διεργασίες δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την χρονική εξέλιξη της πιθανότητας επιτυχίας ενός επιθυμητού γεγονότος (Ott 1995), η οποία στην εν λόγω περίπτωση είναι η εμφάνιση της καινοτομίας (Anghion & Howitt 1998). Οι εκθετικές διεργασίες αποτελούν τις πλέον απλές της κατηγορίας των μοντέλων εκείνων που μπορούν να αναπαράγουν πληθώρα διανοητικών διεργασιών, με πιο χαρακτηριστικές τις

καμπύλες μάθησης (learning curves)¹. Σύμφωνα με το εκθετικό μοντέλο, το επιθυμητό γεγονός θα εμφανιστεί με ασυμπτωτικά (σχεδόν) απόλυτη βεβαιότητα κάποια στιγμή στο μέλλον τουλάχιστον μια φορά (στην περίπτωσή μας αρκεί μονάχα μια επιτυχία: από εκεί κι έπειτα ξεκινά η διαδικασία διάχυσης της καινοτομίας στην κοινωνία). Η πιθανότητα (P) να μην φθάσει ποτέ το επιθυμητό γεγονός είναι:

$$P = e^{-\lambda t}, \text{ όπου } 0 < P < 1 \text{ και } \lambda > 0 \quad (5.1)$$

Η εναλλακτική διατύπωση της εξίσωσης (5.1), δίνει την συμπληρωματική πιθανότητα (P^*) –δηλαδή να φθάσει το επιθυμητό γεγονός με απόλυτη βεβαιότητα- ως εξής:

$$P^* = 1 - P = 1 - e^{-\lambda t} \quad (5.2)$$

Αν και οι εξισώσεις (5.1) και (5.2) είναι ισοδύναμες, για λόγους οικονομίας θα μελετήσουμε την (5.1). Η εν λόγω εξίσωση εκφράζει μια διεργασία *εκθετικής αποσύνθεσης* (exponential decay), όπου η αποσύνθεση εδώ αφορά στην ταχύτητα της εξάλειψης της πιθανότητας να μην πραγματοποιηθεί ποτέ το επιθυμητό γεγονός. Είναι προφανές ότι για κάθε δεδομένο χρόνο, ο ρυθμός αποσύνθεσης εξαρτάται αποκλειστικά από την παράμετρο (λ), η οποία εκφράζει και την *μέση ένταση* της αποσύνθεσης (για παράδειγμα, αν εντός ενός έτους έχει πραγματοποιηθεί μια άφιξη, τότε ο μέσος μηνιαίος ρυθμός είναι $1/12=8,33\%$, άρα και η τιμή της παραμέτρου $\lambda=0,0833$ για 12 διαδοχικές περιόδους του μοντέλου). Εναλλακτικά, εντός του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος θα πρέπει να έχουν πραγματοποιηθεί ($\lambda \cdot t$) αφίξεις. Παρόλο που η έννοια του μέσου αριθμού αφίξεων δεν έχει πρακτική σημασία –ειδικά όταν προκύπτουν μη ακέραιες τιμές του (λ)- γίνεται εξαιρετικά χρήσιμη όταν μελετάται η δυνατότητα αύξησής της σε σχέση με κάποια εισροή (εδώ χρήματος).

Για εξαιρετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα, η πιθανότητα (P) προσεγγίζει ασυμπτωτικά την τιμή 0 (σχεδόν πλήρης βεβαιότητα άφιξης του γεγονότος), αλλά δεν αποκτά *ακριβώς* αυτήν την τιμή ποτέ. Πλέον, για χρονικά διαστήματα που τείνουν στο άπειρο όλες οι καμπύλες –ανεξαρτήτως των τιμών των παραμέτρων- συγκλίνουν και μεταξύ τους –επίσης ασυμπτωτικά ($\lim P_1 = \lim P_2 = \dots = \lim P_n$ για $t \rightarrow \infty$). Καθώς από ένα σημείο κι έπειτα, η παράγωγος dP/dt γίνεται εξαιρετικά χαμηλή, μας ενδιαφέρει ο χρόνος κατά τον οποίο η απόδοση της αύξησης της τιμής του (λ) είναι μεγαλύτερη στις χρηματικές εισροές. Αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό για την γνώση των ορίων διαχείρισης της Έρευνας & Ανάπτυξης με αμιγώς χρηματοδοτικά μέσα, καθώς εφόσον από ένα σημείο κι έπειτα η απόδοση γίνεται εξαιρετικά ανελαστική, οι περαιτέρω εισροές θα ήταν σπάταλες. Σε τέτοια περίπτωση είναι προτιμότερο να αφιερωθούν πόροι σε κάποιο άλλο ερευνητικό πρόγραμμα με μεγαλύτερα περιθώρια απόδοσης (π.χ. ένα πρόγραμμα που βρίσκεται στην φάση εκκίνησής του).

Η ανταπόκριση της παραμέτρου (λ) στις χρηματοδοτικές εισροές συνιστά στην πράξη έναν *επιταχυντή καινοτομιών*. Μια μεγαλύτερη ανταπόκριση του μέσου χρόνου άφιξης σε εισροές χρήματος, επιτρέπει στην κοινωνία να φτάσει στην ανακάλυψη της νέας τεχνολογίας εντός συντομότερου χρονικού διαστήματος. Γενικά, ακόμα κι αν υπάρχει βεβαιότητα ότι σε κάποια μελλοντική στιγμή η επιθυμητή ανακάλυψη θα εμφανιστεί, πολλές φορές υπάρχουν χρονικοί περιορισμοί για την αξιολόγηση ενός ερευνητικού προγράμματος ως επιτυχές ή ανεπιτυχές. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να τεθεί ο ανώτατος χρόνος του προγράμματος και βάσει αυτού να μελετηθούν οι ανάγκες σε χρηματοδότηση προκειμένου να αυξηθούν οι πιθανότητες της επιτυχίας του εντός αυτού του χρόνου. Αν οι ανάγκες σε χρηματοδότηση κριθούν υπερβολικά υψηλές, η κοινωνία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει εναλλακτικά τους

¹ Το αμέσως ανώτερο σε πολυπλοκότητα (διπαραμετρικό) μοντέλο καμπυλών μάθησης είναι της *Λογιστικής Συνάρτησης* (Logistic Function). Παρόλο που το εν λόγω μοντέλο δύναται να αναπαράγει πολλές διεργασίες με δύο (2) μόνο παραμέτρους, η μαθηματική μελέτη του δεν εξυπηρετεί τον κεντρικό στόχο αυτής της εργασίας.

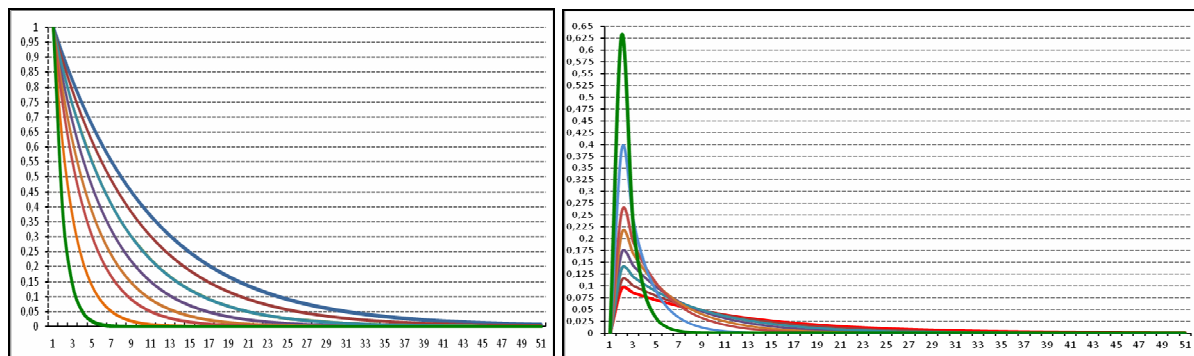
πόρους της για την εισαγωγή της τεχνολογίας από την διεθνή αγορά. Σε κάθε περίπτωση, με βάση τα παραπάνω, θα μπορούσαμε να ορίσουμε τον *επιταχυντή καινοτομίας* (Z) ως την (μέση) αύξηση του μέσου ρυθμού αφίξεων (λ) ανά μονάδα πρόσθετης χρηματικής εισροής (M), σύμφωνα με τον τύπο:

$$Z = \frac{\partial|\lambda|}{\partial M}, \text{ με } \partial M > 0 \quad (6)$$

Στον ειδικότερο τύπο (6) μας ενδιαφέρει η απόλυτη τιμή της παραμέτρου (λ), δίχως να μας απασχολεί το πρόσημό της, το οποίο μαθηματικά εκφράζει την γνησίως αρνητική μονοτονία της συνάρτησης μη εμφάνισης του επιθυμητού γεγονότος (εν ολίγοις, κατά το πέρασμα του χρόνου η πιθανότητα μη επιτυχίας μονίμως μειώνεται). Με συνδυασμό των εξισώσεων (5.1) και (6), λαμβάνουμε την τροποποιημένη εκθετική συνάρτηση πιθανότητας ως κάτωθι:

$$P = e^{\left(-\lambda - \frac{\partial|\lambda|}{\partial M} \cdot M\right) \cdot t} \quad (7)$$

Η μορφή των εκθετικών συναρτήσεων για ένα εύρος τιμών της παραμέτρου (λ), καθώς και η διαφορική εκθετική συνάρτηση που εκφράζει την *πυκνότητα πιθανότητας* της μη άφιξης του γεγονότος ανά μονάδα χρόνου (τον ρυθμό μεταβολής της μείωσης της πιθανότητας μη άφιξης ανά μονάδα χρόνου) για κάθε τιμή της (λ), παρουσιάζονται στο Σχήμα (4):



Σχήμα 4: Γραφική παράσταση των συναρτήσεων πιθανότητας της *Εκθετικής Συνάρτησης* (αριστερά), σύμφωνα με την εξίσωση (5.1), για εύρος τιμών της παραμέτρου (λ) [0.1, 1] για 50 διαδοχικούς χρόνους. Είναι προφανές ότι η αύξηση της απόλυτης τιμής της παραμέτρου, προκαλεί μετατόπιση όλης της συνάρτησης πιθανότητας (P) προς αριστερά, επιταχύνοντας τον αποκλεισμό του γεγονότος μη άφιξης ($P=0$). Η διαφορική συνάρτηση πιθανότητας των καμπυλών (δεξιά) δείχνει σε ποιά χρονικά διαστήματα συγκεντρώνεται η *μείωση της πιθανότητας μη άφιξης*. Είναι προφανές, ότι όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου (λ), η μείωση συγκεντρώνεται στα αρχικά στάδια, γεγονός που υπονοεί ότι η χρηματοδότηση είναι προτιμότερο να λαμβάνει χώρα από την αρχή του προγράμματος. Για παράδειγμα, για τιμή $\lambda=1$ (η πιο απότομη καμπύλη), το 95% της μείωσης έχει πραγματοποιηθεί εντός 5 ετών από την έναρξη της διεργασίας, γεγονός που φαίνεται και από την συγκέντρωση της κατανομής της διαφορικής πιθανότητας. Αντίθετα, για τιμή $\lambda=0,1$ (η πιο ομαλή καμπύλη) η μείωση είναι πιο ισοκατανομημένη και ολοκληρώνεται σε περισσότερα έτη, διακρατώντας –σε κάθε χρονικό βήμα- μεγαλύτερη αβεβαιότητα για το τελικό αποτέλεσμα (μεγαλύτερη στατιστική εντροπία).

Σύμφωνα με τον τύπο (7) και τα αντίστοιχα διαγράμματα του σχήματος (4), η επιτάχυνση της άφιξης καινοτομίας θα εξαρτηθεί από μια βασική ικανότητα του ερευνητικού προγράμματος να μειώνει την αβεβαιότητα ανά μονάδα χρόνου (λ) και την ευαισθησία της προς τις εισροές χρήματος (Z) -πολλαπλασιασμένη επί την συνολική χρηματοδότηση (M).

Για την μεγαλύτερη ακρίβεια του υπολογισμού της ανταπόκρισης της παραμέτρου στις εισροές χρήματος, είναι πολλές φορές προτιμότερο να λάβουμε υπόψη την *ελαστικότητα* του επιταχυντή καινοτομίας, καθώς είναι ένα μέτρο που είναι *απαλλαγμένο* από τις διαφορές κλίμακας που απαντώνται συχνά κατά την σύγκριση ανομοίων μεγεθών. Με βάση τα παραπάνω, ορίζεται το μέγεθος της ελαστικότητας του επιταχυντή καινοτομίας (ε_z), το οποίο μπορεί να γραφεί:

$$\varepsilon_z = \frac{\frac{\partial|\lambda|}{\lambda}}{\frac{\partial M}{M}} = \frac{\partial|\lambda|}{\partial M} \cdot \frac{M}{|\lambda|}, \text{ με } M, \partial M > 0 \quad (8)$$

Η εισαγωγή της έννοιας της ελαστικότητας γίνεται για να δοθεί απάντηση στο ερώτημα: «*Η εισροή 100.000 πρόσθετων χρηματικών μονάδων για την αύξηση της τιμής της παραμέτρου (λ) από 0,6 σε 0,5 θεωρείται ακριβή επιλογή*»; Η ελαστικότητα εξυπηρετεί ακριβώς σ' αυτήν την αποσαφήνιση, καθώς μετατρέπει τα μεγέθη που λειτουργούν σε εντελώς ανόμοιες κλίμακες, σε ποσοστιαία μεγέθη. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι πιο κατανοητό αν δοθεί μια απάντηση του τύπου: «*Η αύξηση της χρηματοδότησης της Έρευνας & Ανάπτυξης κατά 10% θα επιταχύνει τον μέσο ρυθμό της διαδικασίας άφιξης της καινοτομίας κατά 12%*».

Η διαχείριση ενός θερμοδυναμικού λογαριασμού -που έτσι κι αλλιώς εκδηλώνεται φυσικά ως *σκιώδης τιμή* (shadow price), όπως είναι η πρόσδοδος στενότητας- υφίσταται και ως ζήτημα *πληρωμής του φυσικού κεφαλαίου* για την παροχή υπηρεσιών προς τις ανθρώπινες κοινωνίες (απ' την στιγμή που αυτές δεν παράγονται με προσθήκη ανθρώπινου έργου). Ενώ είναι πολύ εύκολο να κατανοηθεί η πληρωμή μισθού στους εργατές που προσέφεραν τις σωματικές και πνευματικές υπηρεσίες τους, ή και η πληρωμή του μηχανολογικού κεφαλαίου που φθείρεται κατά την παραγωγική διαδικασία, η δημιουργία των πρώτων υλών δεν προέρχεται από καμιά ανθρώπινη παραγωγική διαδικασία, γεγονός που οδηγούσε πολλούς αναλυτές στο εσφαλμένο συμπέρασμα πως είναι δωρεάν. Κατά συνέπεια, εφόσον το φυσικό κεφάλαιο δεν δύναται να μισθωθεί άμεσα με ανθρώπινα χρήματα, η πληρωμή του τεκμηριώνεται μονάχα μέσω της επανεπένδυσης ενός μέρους του πλούτου για την φθορά που υπέστη για τον μετασχηματισμό του σε τεχνητό (μηχανικό) κεφάλαιο. Υπό ποία οικονομική δραστηριότητα όμως μπορεί να γίνει αυτό, εφόσον δεν μπορεί να αναδημιουργηθεί ο καθαυτός φυσικός πόρος που χάθηκε –κατά τον Δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο; Η απάντηση είναι, με την *επένδυση σε Έρευνα & Ανάπτυξη* -είτε σε νέες πηγές ή (και) ενεργειακές τεχνολογίες. Αυτή η πληρωμή ισοδυναμεί με έναν *υποσχετικό τίτλο αποφυγής μελλοντικής ανάγκης χρήσης του πόρου*. Με λίγα λόγια, αν αυτό το ποσό επενδύεται για ένα συνεχές χρονικό διάστημα, *μόνο* σε Έρευνα και Ανάπτυξη για την αντικατάσταση του –για παράδειγμα- πετρελαιοκίνητου κεφαλαίου, από την χρονική στιγμή που αυτό θα αντικατασταθεί κι έπειτα, παύει η χρήση του πόρου -του οποίου όμως η κοινωνία θα εξακολουθούσε να έχει την ανάγκη χρήσης αν δεν είχε λάβει χώρα η παραπάνω επένδυση. Η *μη-χρήση* του φυσικού πόρου από αυτό το χρονικό σημείο κι έπειτα, αποτελεί στην ουσία, την *αποπληρωμή του δανείου* που λαμβανόταν κατά την χρονική περίοδο χρήσης.

Συμπεράσματα

Στην εργασία επιχειρείται να αποδοθεί μια ενεργειακή διάσταση στην έννοια του χρήματος με στόχο την εναρμόνισή του προς τους θερμοδυναμικούς νόμους –και ιδιαίτερα τον *Δεύτερο Νόμο της Θερμοδυναμικής*, εκκινώντας από την εξέταση της θεωρίας του Silvio Gesell (1916) για την δυνατότητα και τις προϋποθέσεις αναμόρφωσης της σύγχρονης χρηματοοικονομικής αρχιτεκτονικής. Προκειμένου να δοθεί έμφαση στα σημεία διαφοροποίησης της θεωρίας του Gesell προς την μονεταριστική διεθνή πρακτική προσφοράς χρήματος, αφενός επιχειρείται η

εύρεση των ενεργειακών αιτιών για την αύξηση της ποσότητας χρήματος στις ανθρώπινες κοινωνίες, αφετέρου αντιπαραβολή με την κυρίαρχη οικονομική θεωρία ως προς το ζήτημα της διαχείρισης των ενεργειακών πόρων. Συγκεκριμένα, παρατίθεται το μοντέλο εξάντλησης του Hotelling (1931), το οποίο αποτελεί την βάση για τον σύγχρονο κλάδο της (νεοκλασικής) *Οικονομικής του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων*, όπου αναλύεται η δυνατότητα να χειραγωγηθεί η εξόρυξη ενός φυσικού πόρου προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι αποδόσεις του χρήματος στην χρηματιστηριακή σφαίρα, γεγονός που δημιουργεί σταδιακά κίνητρα για την απόσυρση όλο και μεγαλύτερης ποσότητας χρήματος από την παραγωγική οικονομία προς την χρηματιστική. Επιλέον, παρουσιάζονται τα τρία (3) θεμελιώδη χαρακτηριστικά του σύγχρονου χρηματοοικονομικού οικοδομήματος προκειμένου να αποδοθεί σαφώς το είδος των στρεβλώσεων που προκαλούν στην παραγωγική οικονομία και δυνητικά στην βέλτιστη διαχείριση των ενεργειακών πόρων (π.χ. κατά την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970).

Σε πιο ειδικό επίπεδο, αναπτύσσονται σκέψεις σχετικά με την πιο κατάλληλη αναδιατύπωση του συστήματος του Gesell, δεδομένου ότι η πρακτική του εφαρμογή ιστορικά, έλαβε χώρα μονάχα στην τοπική κλίμακα. Πλέον, αναγνωρίζοντας ότι στην εποχή της θεωρίας του Gesell το πρόβλημα της εξάντλησης των φυσικών πόρων δεν κατείχε σημαντική θέση στην ιεραρχία της οικονομικής ανάλυσης, εντοπίζονται οι δυνητικές αδυναμίες αποτελεσματικής εφαρμογής της αρχικής θεωρίας (ως έχει) και επιχειρείται η αναμόρφωσή της προκειμένου να δύναται να επιλύσει και αυτό το πρόβλημα. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας, αφενός τεκμηριώνεται θεωρητικά ο τρόπος σύνδεσης του χρήματος με τους φυσικούς πόρους, αφενός μέσα από την δραστηριότητα *Έρευνας & Ανάπτυξης* - οριζόμενης ως διανοητικής διεργασίας *συσσώρευσης πληροφορίας* με πολλαπλασιαστικά οφέλη για την οικονομία- αφετέρου με την ανάπτυξη ενός θεωρητικού μοντέλου διαχείρισης της απόδοσης των προγραμμάτων *Έρευνας & Ανάπτυξης*: λαμβάνοντας ως μέτρο της απόδοσής τους, την ανταπόκριση της (στοχαστικής) συνάρτησης ταχύτητας άφιξης της καινοτομίας προς τις χρηματοδοτικές εισροές (αυξήσεις).

Βιβλιογραφία και Αναφορές

- Anghion, Philippe and Peter Howitt (1998), *Endogenous Growth Theory*, MIT Press
- Andersson, Jan-Otto (2006), *International trade in a full and unequal world*, Workshop “Trade and environmental justice”, Lund, 15-16 February 2006
- Cato, Molly Scott (2012), *Πράσινη Οικονομία: Μια Εισαγωγή στη Θεωρία, την Πολιτική και την Πρακτική* (έλλην. μετ.), Εκδόσεις Ι. Σιδέρης, Αθήνα
- Ewing, B. et al. (2010), *The Ecological Footprint Atlas 2010*, Global Footprint Network
- Hartwick John M. and Nancy D. Olewiler (1997), *The Economics of Natural Resource Use* (2nd ed.), Prentice Hall
- Hotelling, Harold (1931), *The Economics of Exhaustible Resources*, *The Journal of Political Economy*, Vol. 39, Issue 2, p. 137-175
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press
- Gesell, Silvio (1916), *The Natural Economic Order*, ελεύθερη ανάγνωση στην αγγλική γλώσσα στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.silvio-gesell.de/en/neo/index.htm>
- Karakatsanis, Georgios (2012a), *A Thermodynamic Theory of Money*, 12th Biennial International Society for Ecological Economics (ISEE) Conference, Rio de Janeiro, Brazil
- Karakatsanis, Georgios (2012b), *An energy R&D fund for energy paradigm transitions: Macro and micro scale analysis*, 12th Biennial International Society for Ecological Economics (ISEE) Conference, Rio de Janeiro, Brazil

- Karakatsanis, Georgios (2010), Quantifying Energy Democracy: A framework for energy citizenship, ISEE 11th biennial Conference, Bremen and Oldenburg, Germany
- Kümmel, Reiner (2011), The Second Law of Economics: Energy, Entropy and the Origins of Wealth, Springer
- Meadows, Donella H. et al. (1972), The Limits to Growth, Universe Books, New York
- Odum, Howard T. (1974), Energy, Ecology and Economics, AMBIO, Vol. 2, No 6, p. 220-227
- Odum, Howard T. (1971), Environment, Power & Society, John Wiley & Sons
- Ott, Wayne R. (1995), Environmental Statistics and Data Analysis, Lewis Publishers
- Pennisi, Elizabeth (1999), Did Cooked Tubers Spur the Evolution of Big Brains?, Science Vol. 283, 5410, p. 2004-2005
- Pillarsetti, J. Ram (2005), The World Bank's genuine savings measure and sustainability, Ecological Economics 55, p. 599– 609
- Roma, Antonio (2006), Energy, money and pollution, Ecological Economics, Vol. 56, Issue 4, p. 534-545
- Soddy, Frederic (1926), Wealth, Virtual Wealth and Debt: The solution of the economic paradox, George Allen & Unwin
- Tainter, Joseph (1988), The Collapse of Complex Societies, Cambridge University Press
- Viaggiu, Stefano et al. (2012), Statistical ensembles for money and debt, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 391, Issue 20, p. 4839-4849
- Yakovenko, Victor M. (2010), Statistical Mechanics of Money, Debt and Energy Consumption, Science and Culture, Vol. 76, p. 430-436

Παράρτημα: Παραδείγματα τοπικών νομισμάτων, βασισμένων στις ιδέες του Gesell



Σχήμα 5: Παραδείγματα τοπικών νομισμάτων (από άνω αριστερά προς κάτω δεξιά): **(α)** Schilling του χωριού Wörgl **(β)** Chiemgauer της αυστριακής πόλης Chiemgau του Σαλτσμπουργκ που εφαρμόζεται από το 2003 και αποτελεί το πιο πιστό ανάλογο του Schilling του Wörgl **(γ)** Γραμματίο Trueque που κυκλοφόρησε ακριβώς μετά την δραματική χρεοκοπία της Αργεντινής για την πραγματοποίηση συναλλαγών σε τοπικές αγορές. Το Trueque, παρόλη την σημαντική ανακούφιση που έδωσε στους πολίτες έχασε την δυναμική του σχετικά σύντομα λόγω της εκτεταμένης πλαστογραφίας που υπέστη **(δ)** Χρονο-δολάριο Ithaca (Νέα Υόρκη) **(ε)** Τοπικό Δολάριο του Toronto (Καναδάς) που γίνεται δεκτό από 150 επιχειρήσεις, καθώς είναι από τα λίγα τοπικά νομίσματα που έχουν ειδικές προδιαγραφές κατά της πλαστογράφησης **(στ)** Δολάριο REAL (Realizing Economic Alternatives in Lawrence) (Lawrence Κάνσας, ΗΠΑ)

Επίσης κρίνεται αξιοσημείωτο να παρατεθεί και το κείμενο που έβρισκε κανείς στην οπίσθια όψη κάθε γραμματίου Schilling που συνόνηζε και τον πυρήνα των ιδεών του Gesell:

«Προς όλους τους ενδιαφερόμενους: Ο αργός ρυθμός που κυκλοφορεί το χρήμα έχει προκαλέσει μια πρωτοφανή ύφεση του εμπορίου και βύθισε εκατομμύρια ανθρώπους σε απόλυτη εξαθλίωση. Από οικονομικής απόψεως, η καταστροφή του κόσμου άρχισε! Είναι καιρός, με αποφασιστική και έξυπνη δράση, να προσπαθήσουμε να συγκρατήσουμε την πτωτική βουτιά του εμπορίου και έτσι να σωθεί η ανθρωπότητα από αδελφοκτόνους πολέμους, χάος και διάλυση. Οι άνθρωποι ζουν μέσα από την ανταλλαγή υπηρεσιών τους. Η υποτονική κυκλοφορία έχει σταματήσει σε μεγάλο βαθμό αυτή την ανταλλαγή και έτσι ρίχνονται εκατομμύρια άνθρωποι που θέλουν να εργαστούν εκτός εργασίας. Πρέπει, συνεπώς, να αναβιώσουμε αυτή την ανταλλαγή υπηρεσιών και έτσι οι άνεργοι να επιστρέψουν στην παραγωγική τάξη. Αυτός είναι ο στόχος του πιστοποιητικού εργασίας που εκδίδεται από την αγορά της πόλης του Wörgl: Να μειώσει τα βασάνα και το φόβο, να προσφέρει δουλειά και ψωμί».

Natural theory of money and integrated development

G. Karakatsanis, Economist,
PhD Candidate, School of Civil Engineering, NTUA

Abstract

The paper examines, repostulates and attempts to adapt to modern data the theory of money developed in the work of the anarchist economic philosopher Silvio Gesell (1916); within a thermodynamic theory that governs every technical process of natural resource transformation to economic goods (Georgescu-Roegen 1971). Through the comparison of this theory with the dominant (monetary) practice, some kind of structural redesigning of the modern financial architecture is proposed, in order for the latter to attune –at least in a fundamental way- with the universal natural laws and processes. In particular, it is argued that as long as the money creation practice artificially violates the *Second Law of Thermodynamics* –in which all of the material transformations are subject to- the necessary conditions are set by default for the shift of a financial crisis to an economic -and consequently to an environmental one (Odum 1974). Ideally, money should imprint the sum of exchangeable material wealth of a society; hence the thermodynamic depreciation of material goods as well, through the *temporal abstraction of purchasing power* (currency demurrage). In this framework, the reproduction of money supply necessarily passes through the renewal of the economy's technical and material base. Contrarily, when money only reproduces via the commercial financial sphere, there exists motivation for the accumulation of *lazy money*, which is mainly inflationary. Furthermore, the natural theory of money contributes significantly to the theory of *integrated development*, via the substantiation of a constant need for investment -of a fraction of the total money supply- in research and application of technologies of upgraded thermodynamic efficiency.

Keywords: money, thermodynamics, temporal abstraction of purchasing power (currency demurrage), lazy money, integrated development, investment, technology