

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

Ανάπτυξη υπολογιστικά αποδοτικών εφαρμογών και συστημάτων, που συνεισφέρουν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης

1. Γενικές Αρχές

Η ανάπτυξη υπολογιστικά αποδοτικών εφαρμογών και συστημάτων αποτελεί ένα σημαντικό βήμα στην κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενεργειακών πόρων και της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ραγδαία ανάπτυξη του κλάδου της πληροφορικής. Αν και το πρόβλημα της εξοικονόμησης ενέργειας φαντάζει να αφορά περισσότερο το χρησιμοποιούμενο υλισμικό, εντούτοις ο τρόπος με τον οποίο κάθε εφαρμογή έχει σχεδιαστεί και λειτουργεί παίζει καθοριστικό ρόλο στις απαιτήσεις της σε υπολογιστικούς πόρους, όπως η επεξεργαστική ισχύς, η προσωρινή μνήμη και ο αποθηκευτικός χώρος. Επιπρόσθετα, τεχνολογίες που σχετίζονται με την Τεχνητή Νοημοσύνη με μεγάλες απαιτήσεις σε υπολογιστικούς πόρους, όπως τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models), κάνουν ακόμα πιο επιτακτική την ανάγκη για τη λήψη μέτρων προς την κατεύθυνση της ορθολογικής και αποτελεσματικής χρήσης των υπολογιστικών πόρων. Στο πλαίσιο αυτό, ακολουθούν σειρά κατευθυντήριων οδηγιών, σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακά αποδοτικών εφαρμογών, οι οποίες αφορούν το σύνολο του κύκλου ζωής ενός συστήματος από τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη λειτουργία μέχρι και την απόσυρση του.

2. Ανάπτυξη νέων υπηρεσιών - εφαρμογών

Η ενεργειακή απόδοση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα των πληροφοριακών συστημάτων. Από την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας, μέχρι τη βελτιστοποίηση του κώδικα και τη διαχείριση των περιβαλλόντων ανάπτυξης, απαιτείται μια ολιστική προσέγγιση που μειώνει την κατανάλωση πόρων και περιορίζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Η απόδοση ως προς τη χρήση ενέργειας πρέπει να θεωρείται πρωτεύων παράγοντας κατά την επιλογή λογισμικού. Παρότι τα εργαλεία και οι μέθοδοι πρόβλεψης και μέτρησης βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικές μέθοδοι, όπως η εκτίμηση της κατανάλωσης ισχύος (υπό φορτίο) του εξοπλισμού που απαιτείται για την επίτευξη στόχων απόδοσης και διαθεσιμότητας.

[K.1]	Οι δημόσιοι φορείς ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ ΝΑ προτιμούν παρόχους ψηφιακών υπηρεσιών που ακολουθούν το πλαίσιο για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας για μία πιο καθαρή, υγιέστερη και κλιματικά ουδέτερη Ευρώπης ((ΕΕ) 2021/1119) ¹ .
-------	---

[K.2]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ λαμβάνουν την ενεργειακή απόδοση του λογισμικού ως βασικό κριτήριο επιλογής σε κάθε διαδικασία προμήθειας ή ανάπτυξης λογισμικού.
-------	--

Η ενεργειακή αποδοτικότητα πρέπει να αποτελεί βασική προτεραιότητα καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης ενός πληροφοριακού συστήματος, από τον αρχικό σχεδιασμό έως την ολοκλήρωση της υλοποίησής του. Η συστηματική εφαρμογή τεχνικών και εργαλείων που

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R1119>

μειώνουν την κατανάλωση ενεργειακών πόρων κατά τη φάση υλοποίησης οδηγεί σε πιο βιώσιμες και οικονομικά αποδοτικές λύσεις.

Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερη σημασία έχει η υιοθέτηση βέλτιστων πρακτικών όπως ενδεικτικά:

- Επιλογή γλωσσών προγραμματισμού υψηλής ενεργειακής απόδοσης για λειτουργίες με έντονες υπολογιστικές απαιτήσεις· οι γλώσσες που βασίζονται σε μεταγλωττιστή (compiler) τείνουν να είναι πιο αποδοτικές από εκείνες που εκτελούνται μέσω διερμηνευτή
- Ανάλυση πολυπλοκότητας για την επιλογή των καταλληλότερων αλγορίθμων σε κάθε εργασία, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απαιτήσεις σε επεξεργαστική ισχύ
- Δυναμική ανάλυση κώδικα για τον εντοπισμό τμημάτων που παρουσιάζουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας και χρειάζονται βελτιστοποίηση
- Απομάκρυνση «νεκρού» κώδικα (dead code) και χρήση τεχνικών όπως το tree-shaking, ώστε ο τελικός κώδικας να είναι πιο «καθαρός», κατανοητός και εύκολα συντηρήσιμος
- Βελτιστοποίηση βάσεων δεδομένων, με αξιοποίηση δεικτών ευρετηρίου (indexes), εργαλείων βελτιστοποίησης ερωτημάτων και αυτοματοποιημένων μηχανισμών ανάλυσης και ρύθμισης παραμέτρων, για μείωση του χρόνου εκτέλεσης και της κατανάλωσης πόρων
- Αξιοποίηση εργαλείων παρακολούθησης, σε πραγματικό χρόνο, της κατανάλωσης ενέργειας των εφαρμογών και συστημάτων, ώστε να καθίσταται εφικτός ο άμεσος εντοπισμός των συνθηκών που οδηγούν σε αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και η λήψη διορθωτικών μέτρων.

Η εφαρμογή των παραπάνω πρακτικών συμβάλλει ουσιαστικά στη δημιουργία πληροφοριακών συστημάτων που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και παραμένουν αποδοτικά και ευέλικτα σε βάθος χρόνου

[Κ.3] Οι δημόσιοι φορείς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας υλοποίησης ενός πληροφοριακού συστήματος ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΝΑ ακολουθούν διαδικασίες και να χρησιμοποιούν εργαλεία που ελαχιστοποιούν την κατανάλωση ενεργειακών πόρων και οδηγούν σε ενεργειακά αποδοτικότερα συστήματα, όπως:

- α) Επιλογή αποδοτικών γλωσσών προγραμματισμού
- β) Επιλογή αποδοτικών αλγορίθμων
- γ) Μείωση χρήσης τμημάτων κώδικα που παρουσιάζουν υψηλή κατανάλωση υπολογιστικών πόρων με πιθανή αποθήκευση ενδιάμεσων αποτελεσμάτων
- δ) Απομάκρυνση κώδικα που πλέον δεν συνεισφέρει στις λειτουργίες της εφαρμογής και των συστημάτων
- ε) Αξιοποίηση ευρετηρίων σε βάσεις δεδομένων για ευκολότερη και γρηγορότερη αναζήτηση
- στ) Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των υπολογιστικών πόρων που χρησιμοποιούνται

Η ύπαρξη πολλαπλών ενεργών περιβαλλόντων (ανάπτυξης, δοκιμών/προσομοίωσης, παραγωγής κ.ά.) είναι απαραίτητη σε ορισμένες φάσεις υλοποίησης πληροφοριακών συστημάτων. Ωστόσο, η διατήρηση περιβαλλόντων που δεν είναι άμεσα αναγκαία οδηγεί σε

περιττή κατανάλωση υπολογιστικών πόρων, αυξημένη ενεργειακή δαπάνη και επιπλέον κόστος συντήρησης.

Για την επίτευξη ενεργειακής αποδοτικότητας και βέλτιστης αξιοποίησης των διαθέσιμων υποδομών, απαιτείται συστηματικός έλεγχος του πλήθους και της διάρκειας λειτουργίας των περιβαλλόντων αυτών. Η απενεργοποίηση ή προσωρινή παύση (suspension) όσων δεν χρησιμοποιούνται συμβάλλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και στην καλύτερη διαχείριση πόρων.

[K.4]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ διατηρούν μόνο τον απολύτως απαραίτητο αριθμό ενεργών περιβαλλόντων (π.χ. ανάπτυξης, δοκιμών/προσομοίωσης, παραγωγής) για κάθε φάση υλοποίησης, με τα υπόλοιπα να απενεργοποιούνται ή να τίθενται σε κατάσταση αναστολής μέχρι να απαιτηθούν εκ νέου.
-------	--

Παράλληλα με τα παραπάνω, η αποδοτική διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων και η στρατηγική αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών επεξεργασίας δεδομένων αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για τη μείωση της κατανάλωσης πόρων και τη βελτίωση της συνολικής ενεργειακής αποδοτικότητας ενός νέου συστήματος.

Η επικοινωνία μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή κατανάλωσης πόρων. Για παράδειγμα, οι τακτικές ερωταποκρίσεις (polling) οδηγούν σε συνεχή και συχνά περιττή ανταλλαγή δεδομένων, αυξάνοντας το ενεργειακό και δικτυακό κόστος. Αντίθετα, η χρήση ασύγχρονων μοντέλων επικοινωνίας (π.χ. event-driven αρχιτεκτονικές) μειώνει τον όγκο των ανταλλαγών και βελτιώνει την αποδοτικότητά.

Επιπλέον, κατά τη διασύνδεση συστημάτων μέσω προγραμματιστικών διεπαφών (APIs), είναι κρίσιμο να περιορίζεται η μεταφορά δεδομένων στα απολύτως απαραίτητα. Τεχνολογίες όπως η GraphQL δίνουν τη δυνατότητα στο σύστημα-πελάτη να ζητά μόνο τα συγκεκριμένα δεδομένα που χρειάζεται, μειώνοντας την κατανάλωση πόρων και βελτιώνοντας την απόδοση.

[K.5]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΝΑ εφαρμόζουν πρότυπα επικοινωνίας μεταξύ συστημάτων, που αποφεύγουν τις τακτικές ερωταποκρίσεις (polling) και αξιοποιούν ασύγχρονα μοντέλα επικοινωνίας. Κατά τη διασύνδεση μέσω APIs, η μεταφορά δεδομένων να περιορίζεται στα απολύτως απαραίτητα, αξιοποιώντας τεχνολογίες που επιτρέπουν στοχευμένη ανάκτηση (ενδεικτικά GraphQL).
-------	--

Ένας τρόπος για να επιτευχθεί σημαντική μείωση του συνολικού ενεργειακού αποτυπώματος ενός πληροφοριακού συστήματος, είναι η αξιοποίηση της υπολογιστικής άκρου (edge computing). Με την επεξεργασία των δεδομένων πλησιέστερα στην πηγή δημιουργίας τους –π.χ. σε τοπικούς κόμβους, αισθητήρες ή συσκευές πεδίου– περιορίζεται ο όγκος των δεδομένων που χρειάζεται να μεταδοθεί σε κεντρικά κέντρα δεδομένων, ενώ μειώνονται και οι απαιτήσεις για κεντρική υπολογιστική επεξεργασία. Αυτή η προσέγγιση:

- Ελαττώνει την κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με τη συνεχή μεταφορά μεγάλων όγκων δεδομένων
- Βελτιώνει τον χρόνο απόκρισης και την ποιότητα υπηρεσίας για τον τελικό χρήστη
- Μειώνει τις ανάγκες σε κεντρικές υποδομές, συμβάλλοντας σε πιο βιώσιμη και οικονομικά αποδοτική λειτουργία

Η εφαρμογή λύσεων edge computing, όπου είναι τεχνικά και λειτουργικά εφικτό, ενισχύει τη συνολική ενεργειακή αποδοτικότητα και την ευελιξία των ψηφιακών υπηρεσιών.

- | | |
|-------|---|
| [K.6] | Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΝΑ αξιοποιούν τεχνικές υπολογιστικής άκρου (edge computing), για την επεξεργασία δεδομένων κοντά στην πηγή δημιουργίας τους, μειώνοντας έτσι τον όγκο των διακινούμενων δεδομένων και περιορίζοντας τις απαιτήσεις υπολογιστικής επεξεργασίας σε κεντρικό επίπεδο. |
|-------|---|

3. Εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης

Η ανάπτυξη και αξιοποίηση μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης (AI/ML) συνοδεύεται από υψηλές απαιτήσεις σε αποθήκευση, υπολογιστική ισχύ και κατανάλωση ενέργειας. Η βέλτιστη χρήση των μοντέλων αυτών, με γνώμονα την ενεργειακή αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα, προϋποθέτει ορθολογική επιλογή εργαλείων, αρχιτεκτονικών και πρακτικών κατά τον σχεδιασμό, την εκπαίδευση και την εκτέλεση (inference).

Ενδεικτικά μέτρα περιλαμβάνουν:

- Βελτιστοποίηση του μεγέθους των μοντέλων (π.χ. με τεχνικές ποσοτικοποίησης – quantization), ώστε να απαιτούν λιγότερο χώρο αποθήκευσης και μνήμη, χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η ακρίβεια
- Χρήση αποδοτικών μορφοτύπων αποθήκευσης δεδομένων (π.χ. Parquet αντί CSV), για αποδοτικότερη διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων
- Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών μοντέλων (π.χ. DistilBERT αντί BERT, GPT-Neo μικρότερης κλίμακας και λιγότερων παραμέτρων, αντί μεγαλύτερων εκδόσεων), ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία ανάμεσα στην απόδοση και στην κατανάλωση ενέργειας
- Χρήση προεκπαιδευμένων μοντέλων και τεχνικών μεταφοράς μάθησης (transfer learning), ώστε να αποφεύγεται η εκπαίδευση νέων μοντέλων από το μηδέν

- | | |
|-------|---|
| [K.7] | Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ υιοθετούν βέλτιστες πρακτικές για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων AI/ML. Η επιλογή μοντέλων, εργαλείων και αρχιτεκτονικών πρέπει να βασίζεται σε τεκμηριωμένη αξιολόγηση των απαιτήσεων απόδοσης, ακρίβειας και κατανάλωσης ενέργειας. |
|-------|---|

4. Ανάπτυξη ιστοχώρων/ ιστοσελίδων

Η βελτιστοποίηση της διακίνησης δεδομένων μεταξύ διακομιστή και τελικού χρήστη αποτελεί βασικό παράγοντα για την ενεργειακή αποδοτικότητα και την ταχύτητα φόρτωσης ιστοχώρων. Όσο μικρότερος είναι ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας, τόσο στις υποδομές φιλοξενίας, όσο και στις συσκευές των χρηστών, ενώ παράλληλα βελτιώνεται η εμπειρία πλοήγησης.

Η επίτευξη του στόχου αυτού μπορεί να γίνει μέσω σειράς τεχνικών, όπως ενδεικτικά:

- Αξιοποίηση τεχνικών απόδοσης περιεχομένου στον διακομιστή (Server-Side Rendering – SSR), ώστε να περιορίζονται προβλήματα που προκύπτουν από περιορισμένους πόρους στις συσκευές των τελικών χρηστών και να μειώνεται ο αριθμός πρόσθετων δικτυακών κλήσεων κατά την αρχική φόρτωση της σελίδας
- Ενεργοποίηση μηχανισμών συμπίεσης κειμενικών πόρων (π.χ. HTML, CSS, JavaScript), αφαίρεση μη αναγκαίου ή αχρησιμοποίητου κώδικα και όπου είναι

τεχνικά εφικτό, συγχώνευση πολλαπλών αρχείων CSS σε ενιαίο αρχείο, ώστε να ελαχιστοποιείται το μέγεθος των μεταδιδόμενων δεδομένων

- Αναβολή φόρτωσης εικόνων εκτός οθόνης (lazy-loading), ώστε να μεταφέρονται μόνο τα απαραίτητα δεδομένα κατά την αρχική φόρτωση, μειώνοντας έτσι τον όγκο και τον χρόνο μεταφοράς

Η συστηματική εφαρμογή τέτοιου είδους πρακτικών συμβάλλει στη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και στην ταχύτερη, πιο αποδοτική λειτουργία των ιστοχώρων.

[K.8]	Κατά την υλοποίηση ιστοχώρων οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ λαμβάνουν μέριμνα για την ελαχιστοποίηση του όγκου δεδομένων που διακινούνται μεταξύ διακομιστή και τελικού χρήστη.
-------	---

Ένας άλλος τρόπος για τη μείωση του διακινούμενου όγκου δεδομένων και την ταχύτερη φόρτωση ιστοχώρων και εφαρμογών είναι η βελτιστοποίηση εικόνων και λοιπών πολυμεσικών αρχείων. Τα πολυμεσικά αρχεία αποτελούν συχνά το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού μεγέθους μιας σελίδας, επηρεάζοντας σημαντικά τον χρόνο φόρτωσης, την κατανάλωση ενέργειας και την εμπειρία χρήστη.

Ενδεικτικοί τρόποι μείωσης του διακινούμενου όγκου δεδομένων είναι:

- Η βελτιστοποίηση μεγέθους εικόνων, ώστε οι διαστάσεις τους να ταιριάζουν ή να προσεγγίζουν το μέγεθος της πραγματικής προβολής. Ένας αποτελεσματικός τρόπος είναι η αποθήκευση στον διακομιστή εικόνων σε πολλαπλές διαστάσεις (responsive images)
- Η μετατροπή αρχείων GIF σε αποδοτικότερα αρχεία βίντεο, όπως MP4, ή η χρήση εναλλακτικών λύσεων, όπως κινούμενα SVG ή κινούμενα CSS, που απαιτούν λιγότερους πόρους
- Η χρήση σύγχρονων μορφότυπων αρχείων με χαμηλές απαιτήσεις υπολογιστικών πόρων και μειωμένο όγκο δεδομένων, π.χ. MP4 ή WebM αντί για AVI/MOV, και WebP αντί για JPEG, BMP ή TIFF

[K.9]	Κατά την υλοποίηση ιστοχώρων οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ λαμβάνουν μέριμνα για τη βελτιστοποίηση εικόνων και λοιπών πολυμεσικών αρχείων, με στόχο τη μείωση του όγκου δεδομένων και την ταχύτερη φόρτωση του γραφικού περιβάλλοντος.
-------	---

Σε επίπεδο σχεδιασμού, η μορφή και οι επιμέρους σχεδιαστικές επιλογές ενός ιστοχώρου επηρεάζουν σημαντικά όχι μόνο την ευχρηστία και την ικανοποίηση του τελικού χρήστη, αλλά και την ενεργειακή αποδοτικότητα ενός πληροφοριακού συστήματος. Ένα περιβάλλον που είναι σαφές, προσβάσιμο και εύκολα κατανοητό επιτρέπει στους χρήστες να εκτελούν τις απαιτούμενες ενέργειες με λιγότερα βήματα και σε μικρότερο χρόνο, απαιτώντας τη χρήση λιγότερων υπολογιστικών πόρων.

[K.10]	Όσον αφορά τα ζητήματα Διεπαφής Χρήστη / Εμπειρίας Χρήστη (UI/UX) οι δημόσιοι φορείς ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΝΑ δημιουργούν προσβάσιμο και εύκολα κατανοητό περιβάλλον διεπαφής, ώστε να μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος αλληλεπίδρασης με τον τελικό χρήστη.
--------	---

5. Αρχιτεκτονική συστήματος και ανθεκτικότητα

Κατά την υλοποίηση νέων εφαρμογών ή συστημάτων, οι επιλογές που γίνονται σε επίπεδο αρχιτεκτονικής παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή τους αποδοτικότητα.

Σημαντικό ζητούμενο σε κάθε νέο σύστημα είναι ο βαθμός ανθεκτικότητάς του και η ικανότητά του να ανακάμπτει σε περίπτωση αστοχιών. Ωστόσο, η αυξημένη ανθεκτικότητα συχνά συνεπάγεται δέσμευση επιπλέον υπολογιστικών πόρων και, κατά συνέπεια, αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση. Κάθε αρχιτεκτονική επιλογή που σχετίζεται με την ανθεκτικότητα πρέπει, επομένως, να λαμβάνει υπόψη τις πραγματικές επιχειρησιακές ανάγκες του φορέα, σε συνάρτηση με το αντίστοιχο ενεργειακό κόστος. Στο πλαίσιο αυτό, η χρήση διατάξεων ενεργό/σε-αναμονή (hot/cold standby) θα πρέπει να αποφεύγεται, εκτός εάν καλύπτεται αποδεδειγμένη επιχειρησιακή ανάγκη.

[K.11]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ επιλέγουν το επίπεδο ανθεκτικότητας (resilience), σε επίπεδο υλισμικού, που είναι ευθέως ανάλογο με τον επιχειρησιακό αντίκτυπο που θα προκαλούνταν από τη μη διαθεσιμότητα της παρεχόμενης από το σύστημα υπηρεσίας. Το επιλεγόμενο κάθε φορά επίπεδο ανθεκτικότητας θα ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ έχει τη σύμφωνη γνώμη του Επιχειρησιακά Υπεύθυνου (application owner).
--------	--

[K.12]	Ο εφεδρικός εξοπλισμός που χρησιμοποιούν οι δημόσιοι φορείς και ο οποίος αξιοποιείται για λόγους Ανελλιπούς Λειτουργίας / Ανάκαμψης από Καταστροφή (Business Continuity / Disaster Recovery) ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ είναι ευθέως ανάλογος με τον επιχειρησιακό αντίκτυπο που θα προκαλούνταν από τη μη διαθεσιμότητα των παρεχόμενων από το σύστημα υπηρεσιών.
--------	---

Για κάθε αναπτυγμένη υπηρεσία είναι απαραίτητο να εκτιμάται ο επιχειρησιακός αντίκτυπος βραχύχρονων περιστατικών διακοπής παρεχόμενων υπηρεσιών. Με βάση αυτή την εκτίμηση, μπορεί να αποδειχθεί πιο αποδοτική η αντικατάσταση των παραδοσιακών διατάξεων διακομιστών τύπου ενεργός/αδρανής (active/passive) με σύγχρονες προσεγγίσεις ταχείας ανάκαμψης, όπως η άμεση επανεκκίνηση εικονικών μηχανών σε εναλλακτικό σημείο. Η οδηγία αυτή δεν αφορά περιβάλλοντα grid ή υποδομές Υπολογιστών Υψηλής Απόδοσης (High Performance Compute clusters).

[K.13]	Οι δημόσιοι φορείς για κάθε αναπτυγμένη υπηρεσία ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΝΑ προσδιορίζουν τον επιχειρησιακό αντίκτυπο βραχύχρονων περιστατικών διακοπής υπηρεσιών και, όπου είναι τεκμηριωμένα εφικτό, να αντικαθίστανται οι πιθανές διατάξεις διακομιστών ενεργός/αδρανής (active/passive) από εναλλακτικές μεθόδους ταχείας ανάκαμψης, όπως η επανεκκίνηση εικονικών μηχανών σε άλλο διαθέσιμο περιβάλλον.
--------	--

Εκτός από τη διαθεσιμότητα ενός συστήματος, μια άλλη θεμελιώδης απαίτηση είναι η διασφάλιση της ακεραιότητας και της εμπιστευτικότητας των δεδομένων (διακινούμενων ή αποθηκευμένων). Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται συνήθως με τη χρήση τεχνικών κρυπτογράφησης. Ωστόσο, οι μηχανισμοί κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης συνεπάγονται σημαντικές υπολογιστικές και ενεργειακές δαπάνες, ενώ συχνά αυξάνουν και το μέγεθος των αρχείων.

Για τη διασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας χωρίς υπερβολική κατανάλωση πόρων είναι σημαντικές, μεταξύ άλλων:

- Η ορθολογική αξιολόγηση της ανάγκης κρυπτογράφησης, ώστε να εφαρμόζεται εκεί όπου είναι πραγματικά απαραίτητη, λαμβάνοντας υπόψη το είδος και την ευαισθησία των δεδομένων
- Η προσεκτική επιλογή κρυπτογραφικών αλγορίθμων, με γνώμονα όχι μόνο την αποτελεσματικότητα και τη συμμόρφωση με τα ισχύοντα πρότυπα ασφάλειας, αλλά και την ενεργειακή αποδοτικότητά τους, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ ασφάλειας, επιδόσεων και κατανάλωσης ενέργειας

[K.14]	Κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πληροφοριακών συστημάτων, οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ εφαρμόζουν μηχανισμούς ασφαλείας που προστατεύουν (ακεραιότητα, εμπιστευτικότητα) τα δεδομένα (διακινούμενα ή αποθηκευμένα), εξισορροπώντας παράλληλα τις απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης και επιδόσεων.
--------	---

6. Διαχείριση δεδομένων και αποθηκευτικός χώρος

Η αποτελεσματική διαχείριση του κύκλου ζωής των δεδομένων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και του λειτουργικού κόστους ενός πληροφοριακού συστήματος. Η υπερβολική και άναρχη αποθήκευση όχι μόνο αυξάνει τις ανάγκες σε υποδομές και ενέργεια, αλλά δυσχεραίνει και την ασφαλή και αποδοτική αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων. Μέσα από σαφείς πολιτικές διατήρησης, περιορισμό των διπλότυπων εγγραφών και εφαρμογή τεχνικών συμπίεσης, οι οργανισμοί μπορούν να επιτύχουν πιο βιώσιμη και αποδοτική διαχείριση των δεδομένων τους.

Η απουσία σαφούς πολιτικής για τον κύκλο ζωής των δεδομένων και τη διατήρησή τους οδηγεί σε υπερβολική αποθήκευση, αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και υψηλότερο λειτουργικό κόστος. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, λοιπόν, οι φορείς να καθορίσουν πολιτικές διατήρησης δεδομένων ακολουθώντας πάντα το ισχύον θεσμικό πλαίσιο. Οι εν λόγω πολιτικές θα πρέπει να ορίζουν ποια δεδομένα είναι σημαντικό για τον οργανισμό να διατηρούνται, για πόσο χρονικό διάστημα και με ποιο επίπεδο προστασίας. Η πολιτική αυτή πρέπει να κοινοποιείται σε όλους τους χρήστες και να εφαρμόζεται με συνέπεια. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την κατανόηση του ενεργειακού αποτυπώματος που συνεπάγεται κάθε απαίτηση διατήρησης δεδομένων.

[K.15]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ θεσπίζουν και να εφαρμόζουν πολιτικές εντοπισμού και διαχείρισης δεδομένων που ορίζουν ποια δεδομένα διατηρούνται, για πόσο χρονικό διάστημα και σε ποιο επίπεδο προστασίας.
--------	---

[K.16]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ διαθέτουν πολιτικές ανάκτησης δεδομένων από ψυχρή εφεδρεία, τα οποία δεν θα είναι συνεχώς διαθέσιμα, αλλά θα ανακτώνται μόνο μετά από ειδικό αίτημα, ειδικά όταν πρόκειται για παλαιότερα δεδομένα που η επιχειρησιακή τους αξία είναι μειωμένη και η πιθανή αναζήτηση τους δεν είναι τακτική.
--------	---

Ένα άλλο φαινόμενο που οδηγεί σε αυξημένες απαιτήσεις αποθήκευσης είναι η διατήρηση διπλότυπων εγγραφών, κυρίως για λόγους ασφάλειας και ταχύτερης αποκατάστασης από καταστροφή. Η πολιτική διαχείρισης δεδομένων θα πρέπει να επιδιώκει τη μείωση του

φαινομένου αυτού, μέσω της αξιοποίησης διαδικασιών λήψης αντιγράφων ή στιγμιοτύπων που είναι βελτιστοποιημένες ως προς το μέγεθος των παραγόμενων αρχείων και τη χρήση συμπίεσης.

[K.17]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΝΑ περιορίζουν το συνολικό όγκο διπλότυπων αρχείων, μέσω της χρήσης βελτιστοποιημένων τεχνικών λήψης αντιγράφων/στιγμιοτύπων ή/και της χρήσης συμπίεσης.
--------	---

7. Ζητήματα υπολογιστικών υποδομών

Σε συνέχεια της ισχύουσας πολιτικής για την αξιοποίηση του κυβερνητικού υπολογιστικού νέφους αναμένεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των υπηρεσιών και συστημάτων που θα διαθέτει ένας φορέας θα φιλοξενούνται στο κυβερνητικό νέφος. Εντούτοις, είναι πιθανό κάποια συστήματα να συνεχίζουν να φιλοξενούνται σε υποδομές του φορέα και, συνεπώς, είναι σημαντική η πραγματοποίηση παρεμβάσεων για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των υπηρεσιών που παρέχονται μέσω των συγκεκριμένων υποδομών.

Η αποτύπωση και ο συστηματικός έλεγχος του υφιστάμενου φυσικού και λογικού εξοπλισμού πληροφορικής ενός φορέα, καθώς και των υπηρεσιών που αυτός υποστηρίζει, αποτελούν θεμελιώδεις προϋπόθεσεις για την αποτελεσματική διαχείριση πόρων, την εξορθολογισμένη χρήση ενέργειας και τη μείωση του λειτουργικού κόστους.

Η υιοθέτηση διαδικασιών απογραφής και παρακολούθησης με βάση αναγνωρισμένα πρότυπα και βέλτιστες πρακτικές, όπως η δημιουργία Configuration Management Data Base (CMDB) και Service Catalogue, σύμφωνα με το ITIL, επιτρέπει την ακριβή χαρτογράφηση του τεχνολογικού οικοσυστήματος ενός οργανισμού. Επιπλέον, πρότυπα όπως το ISO 55000 μπορούν να λειτουργήσουν ως πολύτιμοι οδηγοί για τη διαχείριση του κύκλου ζωής και της απόδοσης των περιουσιακών στοιχείων ΤΠΕ.

Η συστηματική αποτύπωση συμβάλλει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για επενδύσεις, απεγκαταστάσεις ή βελτιστοποιήσεις, οδηγώντας σε αποδοτικότερη και βιώσιμη λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων.

[K.18]	Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ πραγματοποιούν συστηματικό έλεγχο και αποτύπωση του υφιστάμενου φυσικού και λογικού εξοπλισμού πληροφορικής, καθώς και των υπηρεσιών που αυτοί παρέχουν. Η αποτύπωση πρέπει να βασίζεται σε τυποποιημένες διαδικασίες, με αξιοποίηση εργαλείων όπως CMDB και Service Catalogue. Συνιστάται η αναφορά σε αναγνωρισμένα πρότυπα, όπως το ISO 55000, για την ορθολογική διαχείριση του κύκλου ζωής των στοιχείων ΤΠΕ.
--------	---

Η διατήρηση εξοπλισμού που δεν χρησιμοποιείται ή δεν υποστηρίζει πλέον ενεργές υπηρεσίες οδηγεί σε περιττή κατανάλωση ενέργειας, αύξηση του κόστους συντήρησης και σπατάλη πόρων. Η τακτική επιθεώρηση του εγκατεστημένου υλικού εξοπλισμού είναι απαραίτητη, ώστε να διασφαλίζεται ότι κάθε σύστημα έχει σαφή επιχειρησιακή αξία και υποστηρίζει ενεργές υπηρεσίες.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις πλατφόρμες δοκιμών και ανάπτυξης, καθώς, όταν παύουν να είναι απαραίτητες, θα πρέπει να αποσύρονται πλήρως και εγκαίρως, ώστε να απελευθερώνονται υπολογιστικοί και ενεργειακοί πόροι. Η πλήρης αποξήλωση και

απομάκρυνση μη αναγκαίου εξοπλισμού ενισχύει τη συνολική ενεργειακή αποδοτικότητα και συμβάλλει στη βέλτιστη διαχείριση του κύκλου ζωής των υποδομών.

[K.19] Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ αποσύρουν πλήρως και να απομακρύνουν κάθε εξοπλισμό που δεν είναι απαραίτητος ή δεν υποστηρίζει ενεργές υπηρεσίες. Ο εγκατεστημένος εξοπλισμός πρέπει να εξετάζεται τακτικά, ώστε να διασφαλίζεται ότι εξακολουθεί να είναι αναγκαίος και σε χρήση. Οι πλατφόρμες δοκιμών και ανάπτυξης θα πρέπει να αποσύρονται πλήρως μόλις πάνσουν να είναι απαραίτητες.

Η χαμηλή αξιοποίηση του φυσικού εξοπλισμού πληροφορικής (διακομιστών, αποθηκευτικών συστημάτων, δικτυακών συσκευών) οδηγεί σε σπατάλη ενέργειας και πόρων. Η συγκέντρωση υπηρεσιών μέσω τεχνολογιών κοινής χρήσης (virtualization / containerization) ή άλλες τεχνικές ενοποίησης, συμβάλλουν στη βέλτιστη χρήση του διαθέσιμου εξοπλισμού.

Με αυτόν τον τρόπο, μειώνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, περιορίζεται το κόστος λειτουργίας και βελτιώνεται η αποδοτικότητα των υποδομών, χωρίς να επηρεάζεται η αξιοπιστία και η διαθεσιμότητα των υπηρεσιών.

[K.20] Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ενοποιούν υφιστάμενες υπηρεσίες που δεν επιτυγχάνουν υψηλή αξιοποίηση του φυσικού τους εξοπλισμού, μέσω τεχνολογιών κοινής χρήσης πόρων, ώστε να βελτιστοποιείται η χρήση διακομιστών, αποθηκευτικών και δικτυακών συστημάτων.

Υπάρχουν περιπτώσεις συστημάτων ή υπηρεσιών που, για λόγους κανονιστικής συμμόρφωσης ή άλλων επιχειρησιακών απαιτήσεων, δεν μπορούν να αποσυρθούν, αλλά δεν χρησιμοποιούνται σε τακτική βάση. Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους συντήρησης, συνιστάται η εικονικοποίηση αυτών των υπηρεσιών και η αποθήκευση των εικονικών δίσκων σε μέσα χαμηλής κατανάλωσης. Έτσι, οι υπηρεσίες μπορούν να ενεργοποιηθούν εκ νέου μόνο όταν υπάρχει πραγματική ανάγκη. Είναι σαφές ότι η διαδικασία πρέπει να διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων και την εύκολη επαναφορά τους, χωρίς να διακυβεύεται η συμμόρφωση με τις ισχύουσες κανονιστικές απαιτήσεις.

[K.21] Οι δημόσιοι φορείς που δεν μπορούν να αποσύρουν συστήματα ή υπηρεσίες για λόγους συμμόρφωσης ή άλλους, αλλά αυτά δεν χρησιμοποιούνται τακτικά, ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΝΑ τα εικονικοποιούν και τα εικονικά τους αντίγραφα να αρχειοθετούνται σε μέσα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

Υπάρχει η περίπτωση φορείς να διαθέτουν συστήματα για την παροχή υπηρεσιών, που όμως έχουν χαμηλή πραγματική αξία σε επιχειρησιακό επίπεδο. Για τα συστήματα αυτά θα πρέπει να αξιολογείται αν η επιχειρησιακή τους αξία συνάδει με το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος που απαιτεί η διατήρησή τους σε περιβάλλον υψηλής αξιοπιστίας και ανθεκτικότητας. Στην περίπτωση που αυτό δε συμβαίνει, θα πρέπει να αξιολογούνται λύσεις, όπως η απενεργοποίηση, η αρχειοθέτηση ή η μεταφορά τους σε τοποθεσίες με χαμηλότερες απαιτήσεις αξιοπιστίας.

[K.22] Για τις υπηρεσίες με χαμηλή επιχειρησιακή αξία ή κρισιμότητα, οι οποίες δεν δικαιολογούν το οικονομικό ή περιβαλλοντικό κόστος διατήρησής τους, οι

δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ εξετάζουν την απενεργοποίηση ή την αρχειοθέτησή τους, ή εναλλακτικά τη μεταφορά τους σε υποδομές με χαμηλότερες απαιτήσεις αξιοπιστίας/ανθεκτικότητας. Η σχετική απόφαση πρέπει να βασίζεται σε τεκμηριωμένη ανάλυση επιχειρησιακού κινδύνου, ώστε να διασφαλίζεται ότι η επιχειρησιακή συνέχεια δεν θα διαταραχθεί.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα του υπολογιστικού εξοπλισμού (τερματικά χρηστών, δικτυακές συσκευές, κεντρικά συστήματα) αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και του κόστους λειτουργίας των πληροφοριακών συστημάτων. Η μέριμνα για ορθολογική χρήση και διαχείριση του εξοπλισμού καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του διασφαλίζει ότι οι υποδομές παραμένουν αποδοτικές, βιώσιμες και οικονομικά συμφέρουσες.

Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερη σημασία έχει:

- Η προμήθεια εξοπλισμού με πιστοποιήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας και περιβαλλοντικών επιδόσεων από διεθνώς αναγνωρισμένους φορείς, όπως το Energy Star και το German Blue Angel
- Η κατάλληλη ρύθμιση παραμέτρων διαχείρισης ενέργειας, ώστε οθόνες, δίσκοι ή ολόκληρα συστήματα να τίθενται αυτόματα σε κατάσταση αδρανοποίησης, όταν δεν χρησιμοποιούνται
- Η ορθολογική διαχείριση και ανακύκλωση παροπλισμένου εξοπλισμού, όπου είναι εφικτό, ώστε να περιορίζεται η σπατάλη πόρων και να προωθείται η κυκλική οικονομία

[Κ.23] Οι δημόσιοι φορείς ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ λαμβάνουν μέριμνα, ώστε ο υπολογιστικός εξοπλισμός (εξοπλισμός χρήστη, δικτυακός εξοπλισμός, κεντρικός εξοπλισμός) να είναι ενεργειακά αποδοτικός και να χρησιμοποιείται ορθολογικά σε όλο τον κύκλο ζωής του.
